



TUGAS AKHIR - TI 141501

**PENJADWALAN OPERATOR *CALL CENTER*
DENGAN METODE *INTEGER LINEAR*
PROGRAMMING, PT. PLN (PERSERO) AREA
PELAYANAN JAWA TIMUR**

**MEDYA SARI RACHMA ATIKA
NRP 2511 100 058**

Dosen Pembimbing
Dody Hartanto, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



FINAL PROJECT - TI 141501

**SCHEDULING OF CALL CENTER OPERATORS
USING INTEGER LINEAR PROGRAMMING
METHOD, PT. PLN (PERSERO) JAWA TIMUR
SERVICE AREA**

**MEDYA SARI RACHMA ATIKA
NRP 2511 100 058**

Dosen Pembimbing
Dody Hartanto, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

LEMBAR PENGESAHAN

**PENJADWALAN OPERATOR *CALL CENTER*
DENGAN METODE *INTEGER LINEAR*
PROGRAMMING, PT. PLN (PERSERO) AREA
PELAYANAN JAWA TIMUR**

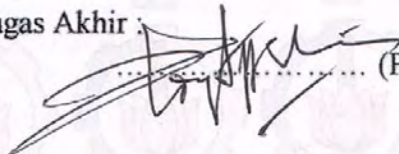
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MEDYA SARI RACHMA ATIKA
NRP. 25 11 100 058

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir
Dody Hartanto, S.T., M.T.

 (Pembimbing)

SURABAYA, JULI 2015



PENJADWALAN OPERATOR *CALL CENTER* DENGAN METODE *INTEGER LINEAR PROGRAMMING*, PT. PLN (PERSERO) AREA PELAYANAN SURABAYA

Nama Mahasiswa : Medya Sari Rachma Atika
NRP : 2511100058
Jurusan : Teknik Industri
Dosen Pembimbing : Dody Hartanto, S.T., M.T.

ABSTRAK

Penjadwalan operator *call center* merupakan suatu permasalahan mengenai penentuan *shift* kerja operator serta jumlah perator yang bertugas didalamnya. Penjadwalan operator *call center* sangat penting dilakukan oleh perusahaan karena berpengaruh terhadap performasi *call center* baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Ketepatan penjadwalan akan memberikan keuntungan bagi perusahaan, antara lain performasi operator yang maksimal dalam melakukan pelayanan dan penggunaan operator secara efektif dan efisien. Pelayanan yang maksimal akan meningkatkan loyalitas pelanggan, sedangkan pelayanan yang buruk akan memberi citra yang buruk dimata pelanggan. Penjadwalan operator *call center* diselesaikan dengan metode *integer linear programming*. Fungsi objektif metode *integer linear programming* ialah meminimalkan total jumlah operator yang digunakan dalam satu hari. Variabel keputusan terdiri dari jumlah operator yang bekerja pada masing-masing *shift*. Konstrain dari model *integer linear programming* antara lain operator *on duty* yang minimal berjumlah sesuai dengan kebutuhan operator di setiap interval jam, jumlah operator *on duty* yang tidak boleh melebihi kapasitas *call center*, seluruh variabel keputusan bernilai integer dan bernilai positif. Model *Integer linear programming* dikembangkan dengan mempertimbangkan ketentuan perusahaan yaitu adanya jam istirahat. Rekomendasi perbaikan didapatkan dari hasil penyelesaian model *integer linear programming* berupa *shift* yang digunakan dalam satu hari (24 jam) dan jumlah operator *call center* yang bekerja dalam shift tersebut.

Kata kunci : *Integer linear programming*, Penjadwalan, *Call center*, Optimasi

SCHEDULING OF CALL CENTER OPERATORS USING INTEGER LINEAR PROGRAMMING METHOD, PT. PLN (PERSERO) JAWA TIMUR SERVICE AREA

Student Name : Medya Sari Rachma Atika
Student ID : 2511100058
Departement : Industrial Engineering
Supervisor : Dody Hartanto, S.T., M.T.

ABSTRACT

Scheduling call center operators is problem to determine operators shift and number of operator in each shifts. Scheduling call center operators is very important for company because that will take effect to call center performance both qualitatively and quantitatively. The accuracy of scheduling gives benefits the company, there are maximum operator performance while doing service and use operators effectively and efficiently. Maximum service will increase customer's loyalty, while the poor service would give a bad image for company. Scheduling call center operator solved by integer linear programming model. Objective function of integer linear programming model is to minimize the total number of operators used in one day. Decision Variables consist of number of operators who work on each shift. Constraints of integer linear programming model is number of operator on duty must be same or more than number of operator needed in each operating hours interval, number of operator on duty do not exceed capacity of call center, the entire value of decision variables is positive and integer. Integer linear programming model is developed basic on company regulation. Improvement of recommendation is determined by *integer linear programming* model solution in the form shift that is used for a day (24 hours) and the number of call center operators who work in shifts.

Keywords : Integer linear programming, Scheduling, Call center, Optimization

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah Penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya Penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Penjadwalan Operator Call Center dengan Metode Integer Linear Programming*, PT PLN (Persero) Area Pelayanan Jawa Timur. Pembuatan Tugas Akhir dapat terselesaikan karena adanya bantuan dari beberapa pihak, oleh karena itu terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, tanpa pertolongan-Nya Penulis tidak dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua Penulis yaitu Sumedy dan Umi Sukarini yang telah memberikan dukungan serta doa secara tulus.
3. Kakak Penulis Rendy Wahyu Prayugi dan juga kakak ipar Penulis Novita Widyastuti yang telah memberikan dukungan selama pengerjaan Tugas Akhir.
4. Pak Dody Hartanto sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan banyak kritik dan saran mengenai Tugas Akhir Penulis.
5. Pak Budi Santosa, Pak Suparno, Pak Yudha Andrian Saputras dan Bi Diesta sebagai dosen penguji dalam sidang serta seminar.
6. Dosen Teknik Industri atas semua ilmu yang telah diberikan kepada Penulis hingga semester akhir.
7. Bu Elly dan Pak Arif Wahjana dari pihak PT PLN (Persero) serta Pak Bambang, Pak Sony dan Bu Ruri dari pihak ICON +, karena atas jasanya dalam proses pengambilan data yang dibutuhkan dalam pengerjaan Tugas Akhir.
8. Asistan Laboratorium Komputasi dan Optimasi Industri Mike, Aan, Resa, Agni, Lola dan Chrisman yang telah membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.
9. Asistan Laboratorium Ergonomi angkatan 2011 yang telah memberikan tawa dan canda kepada Penulis selama mengerjakan Tugas Akhir.

10. Gbank grup yaitu Mike, Lilik, Astri, Richa, Riris, Nuri, Dita, Rahma, Rahma dan Rinda yang senantiasa memberikan kata-kata semangat kepada Penulis.
11. Lilik Cholifah yang telah menemani Penulis untuk mencetak Tugas Akhir pada tengah malam
12. Reny Elvira sebagai sahabat kerja praktek yang rajin memberikan semangat kepada Penulis selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
13. Anak bimbingan Pak Dody Hartanto antara lain Hana, Eman, Alim dan fraidee yang senantiasa memberikan info kepada Penulis.
14. Veresis atau Teknik Industri angkatan 2011 yang telah memberikan kenangan dan harapan kepada penulis, rasa bangga akan veresis tidak pernah hilang.
15. 3211100023 atas kemampuan dan ambisi yang tak pernah padam sehingga dapat memotivasi penulis untuk terus maju.
16. Pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan secara keseluruhan

Demikian ucapan terimakasih yang dapat Penulis sampaikan. Mohon maaf atas segala kekurangan Tugas Akhir Penulis. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk berbagai pihak.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR PERSAMAAN	xv
1. BAB 1	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	9
1.3 Tujuan	9
1.4 Manfaat	9
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	9
1.5.1 Batasan	9
1.5.2 Asumsi.....	10
1.6 Sistematika Penulisan	10
2. BAB 2	11
2.1 <i>Call center</i>	11
2.2 Peramalan (<i>Forecasting</i>) Jumlah Panggilan Masuk.....	12
2.3 <i>Integer linear programming</i> (ILP)	16
2.4 Teori Antrian.....	19
2.4.1 Terminologi dan Notasi.....	21
2.4.2 Distribusi Variabel Sistem Antrian	21
2.5 Analisis Sensitivitas	22
3. BAB 3	25
3.1 Gambaran Umum Proses Pengerjaan Penelitian.....	25
3.2 Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah	26
3.3 Tahap Pengumpulan Data	26
3.4 Tahap Pengolahan Data	27

3.4.1 Tahap <i>Screening</i> Data	27
3.4.2 Tahap Peramalan (<i>Forecasting</i>) Jumlah Panggilan Masuk.....	28
3.4.3 Perhitungan Operator <i>Call center</i> yang Dibutuhkan.....	28
3.4.4 Tahap Pengembangan Model <i>Integer linear programming</i> (ILP).....	29
3.4.5 Tahap Verifikasi dan Validasi	29
3.4.6 Tahap Analisis Sensitivitas.....	30
3.5 Tahap Analisis.....	30
3.6 Tahap Kesimpulan dan Saran.....	31
4. BAB 4.....	33
4.1 Queue Statistics <i>Call center</i>	33
4.2 Jadwal Operator <i>Call center</i>	34
4.3 Jadwal Istirahat Operator <i>Call center</i>	36
4.4 <i>Screening</i> Data	37
4.5 Peramalan (<i>Forecasting</i>) Jumlah Panggilan Masuk.....	43
4.6 Perhitungan Operator <i>Call center</i> yang Dibutuhkan	44
4.7 Model <i>Integer linear programming</i> (ILP)	50
4.7.1 <i>Shift</i> Eksisting dan Aturan Jam Istirahat Eksisting	51
4.7.2 <i>Shift</i> Eksisting dan Aturan Jam Istirahat Rekomendasi	57
4.7.3 <i>Shift</i> Rekomendasi dan Aturan Jam Istirahat Baru	62
4.8 Verifikasi dan Validasi.....	68
4.8.1 Verifikasi	69
4.8.2 Validasi.....	72
5. BAB 5.....	75
5.1 Analisis Data Outlier	75
5.2 Analisis Hasil <i>Forecasting</i>	75
5.3 Analisis Beban Kerja Operator	77
5.4 Analisis Jadwal yang Dihasilkan.....	77
5.5 Analisis Implementasi Jadwal Operator <i>Call center</i> Rekomendasi	86
5.6 Analisis Interval Waktu Penjadwalan Operator <i>Call center</i>	87
5.7 Analisis Pembaharuan Model <i>Integer linear programming</i>	87
5.8 Analisis Pengaruh Pemisahan Jadwal <i>Weekend</i> dan <i>Weekdays</i>	88
5.9 Analisis karakter <i>Call center</i> PLN	89

5.10 Analisis Sensitivitas.....	91
6. BAB 6.....	95
6.1 Kesimpulan	95
6.2 Saran	98
LAMPIRAN	101
BIODATA PENULIS	105

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Target <i>Call center</i> PLN (hasil wawancara)	3
Tabel 1.2 <i>Shift</i> kondisi eksisting <i>Call center</i> PLN	4
Tabel 2.1 Model <i>Forecasting</i> berdasarkan Pola Data.....	13
Tabel 4.1 <i>Queue Statistics</i> Tanggal 1 Desember 2014	33
Tabel 4.2 Jadwal Operator <i>call center</i> eksisting	35
Tabel 4.3 Jadwal Istirahat Operator <i>Call center</i> pada <i>Shift B</i>	36
Tabel 4.4 Pola Perbandingan Data untuk Pendeteksian Data Outlier	37
Tabel 4.5 Data Jumlah Panggilan Masuk Layanan Pengaduan Pelanggan pada <i>Weekend</i>	38
Tabel 4.6 Data Non-outlier Jumlah Panggilan Masuk Layanan Pengaduan (<i>Weekdays</i>)	39
Tabel 4.7 Data Non-outlier Jumlah Panggilan Masuk Layanan Pengaduan (<i>Weekend</i>).....	40
Tabel 4.8 data lama pelayanan <i>call center</i> untuk layanan pengaduan.....	41
Tabel 4.9 Data Lama Pelayanan <i>Call center</i> Layanan Pengaduan	42
Tabel 4.10 Hasil Peramalan Panggilan Masuk.....	44
Tabel 4.11 Operator yang dibutuhkan Layanan Pengaduan <i>Weekdays</i>	45
Tabel 4.12 Operator yang dibutuhkan Layanan Pengaduan <i>Weekend</i>	46
Tabel 4.13 Operator yang dibutuhkan Layanan PBPD <i>Weekdays</i>	47
Tabel 4.14 Operator yang dibutuhkan Layanan PBPD <i>Weekend</i>	49
Tabel 4.15 Jadwal Eksisting Operator <i>Call center</i>	51
Tabel 4.16 Jadwal Operator Eksisting Interval Waktu 10:00-11:00	53
Tabel 4.17 Solusi Optimal Layanan Pengaduan Operasional <i>Weekdays</i>	54
Tabel 4.18 Solusi Optimal Layanan Pengaduan Operasional <i>Weekend</i>	55
Tabel 4.19 Solusi Optimal Layanan PBPD Operasional <i>Weekend</i>	56
Tabel 4.20 Solusi Optimal Layanan PBPD Operasional <i>Weekend</i>	56
Tabel 4.21 Jadwal Istirahat Rekomendasi.....	57
Tabel 4.22 Slot jadwal Operator.....	58
Tabel 4.23 Solusi Optimal Layanan Pengaduan Operasional <i>Weekdays</i>	60

Tabel 4.24 Solusi Optimal Layanan Pengaduan Operasional <i>Weekend</i>	60
Tabel 4.25 Solusi Optimal Layanan PBPD Operasional <i>Weekdays</i>	61
Tabel 4.26 Solusi Optimal Layanan PBPD Operasional <i>Weekend</i>	61
Tabel 4.27 Jadwal <i>Shift</i> Rekomendasi	62
Tabel 4.28 Jadwal Istirahat Rekomendasi.....	63
Tabel 4.29 Slot Jadwal Rekomendasi	64
Tabel 4.30 Solusi Optimal Layanan Pengaduan Operasional <i>Weekdays</i>	65
Tabel 4.31 Solusi Optimal Layanan Pengaduan Operasional <i>Weekend</i>	66
Tabel 4.32 Solusi Optimal Layanan PBPD Operasional <i>Weekend</i>	67
Tabel 4.33 Solusi Optimal Layanan PBPD Operasional <i>Weekend</i>	68
Tabel 4.34 Slot Jadwal Operator Setelah Disederhanakan	70
Tabel 4.35 Hasil <i>Running Solver</i>	71
Tabel 4.36 Hasil Validasi Layanan Pengaduan Operasional <i>Weekdays</i>	72
Tabel 5.1 Perbandingan Solusi Optimal Utilitas 96% dengan 90%	77
Tabel 5.2 Jumlah Operator <i>On duty</i> Layanan Pengaduan (<i>Weekdays</i>).....	78
Tabel 5.3 Slot Jadwal Rekomendasi Layanan Pengaduan (<i>Weekdays</i>)	79
Tabel 5.4 Jumlah Operator <i>On duty</i> Layanan Pengaduan (<i>Weekend</i>)	80
Tabel 5.5 Slot Jadwal Rekomendasi Layanan Pengaduan (<i>Weekend</i>).....	81
Tabel 5.6 Jumlah Operator <i>On duty</i> Layanan PBPD (<i>Weekdays</i>)	82
Tabel 5.7 Slot Jadwal Rekomendasi Layanan PBPD (<i>Weekdays</i>)	83
Tabel 5.8 Jumlah Operator <i>On duty</i> Layanan PBPD (<i>Weekend</i>).....	84
Tabel 5.9 Slot Jadwal Rekomendasi Layanan PBPD (<i>Weekend</i>).....	85
Tabel 5.10 Perbandingan Kebutuhan Operator	88
Tabel 5.11 Perubahan Solusi Optimal terhadap Utilitas	91
Tabel 5.12 Kapasitas Minimum <i>Call center</i>	91
Tabel 5.13 Perubahan Solusi Optimal terhadap Service Rate.....	92
Tabel 5.14 Perubahan Solusi Optimal terhadap jumlah Panggilan Masuk.....	93
Tabel 6.1 Rekap Kebutuhan Operator	95
Tabel 6.2 Jadwal Operator Rekomendasi Layanan Pengaduan (<i>Weekdays</i>).....	96
Tabel 6.3 Jadwal Operator Rekomendasi Layanan PBPD (<i>Weekdays</i>).....	97
Tabel 6.4 Jadwal Operator Rekomendasi Layanan Pengaduan (<i>Weekend</i>)	97
Tabel 6.5 Jadwal Operator Rekomendasi Layanan PBPD (<i>Weekend</i>)	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ilustrasi <i>Shift</i> Eksisting	5
Gambar 1.2 Breakdown Kategori Penjadwalan <i>Call center</i> PLN	6
Gambar 1.3 Rata-rata SCR Layanan Keluhan Desember 2014	7
Gambar 1.4 SCR Layanan PBPD Desember 2014	8
Gambar 1.5 Grafik Jumlah Panggilan Masuk ke <i>Call center</i> PLN	9
Gambar 2.1 Diagram Sistem Kerja <i>Call center</i>	14
Gambar 2.2 Grafik Pola Data <i>Trend</i>	16
Gambar 2.3 Grafik Pola Data <i>Seasonality</i>	17
Gambar 2.4 Grafik Pola Data <i>Constant</i>	17
Gambar 2.6 Plotting <i>Shift</i> untuk Pengembangan Model ILP	21
Gambar 2.7 Sistem Antrian	21
Gambar 3.1 Flowchart Proses Pengerjaan Penelitian	27
Gambar 3.2 Flowchart Proses Pengerjaan Penelitian (Lanjutan)	28
Gambar 4.1 Pembagian Kelompok Istirahat Operator	54
Gambar 4.2 Pembagian Kelompok Istirahat Rekomendasi	60
Gambar 4.3 <i>Dialog Box Solver</i>	71

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Fungsi Objektif Model ILP Awal	20
Persamaan 2.2 Konstrain Pemenuhan Kebutuhan Operator Awal	20
Persamaan 2.3 Konstrain Kapasitas <i>Call center</i> Awal	20
Persamaan 2.4 Konstrain <i>Integer</i> Variabel Keputusan	20
Persamaan 2.5 Konstrain <i>Non-negative</i> variable keputusan Awal.....	20
Persamaan 2.6 Rumus Utilitas	22
Persamaan 4.1 Rumus <i>Service Rate</i>	47
Persamaan 4.2 Fungsi Objektif Total Operator Model ILP	52
Persamaan 4.3 Konstrain Kebutuhan Operator	52
Persamaan 4.4 Konstrain Kapasitas <i>Call center</i>	52
Persamaan 4.5 Konstrain Variabel Keputusan Integer	52
Persamaan 4.6 Konstrain Variabel Keputusan <i>Non-negative</i>	52

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan serta asumsi yang digunakan dalam penelitian, dan sistematika penulisan laporan penelitian.

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi masyarakat maupun instansi di Indonesia karena hampir setiap aktivitas membutuhkan listrik. Peran perusahaan listrik negara di Indonesia yaitu PT PLN (Persero) sangat penting dalam ketersediaan listrik. Dalam pelayanannya, PT PLN (Persero) dibagi menjadi 3 kelompok unit, yaitu :

1. Kelompok Unit Jawa Bali meliputi distribusi DKI Jaya & Tangerang, distribusi Jawa Barat dan Banten, distribusi Jawa Timur, distribusi Jawa Tengah dan DI Yogyakarta, distribusi Bali, dan P3B Jawa Bali.
2. Kelompok Unit Indonesia Barat meliputi distribusi Aceh, distribusi Sumatra Utara, distribusi Sumatra Barat, distribusi Sumatra Selatan, distribusi Jambi, dan Bengkulu, distribusi Riau dan kep. Riau , distribusi Bangka Belitung, distribusi Lampung, distribusi Kalimantan Barat serta P3B Sumatra
3. Kelompok Unit Indonesia Timur meliputi distribusi Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan, distribusi Kalimantan Timur, distribusi Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah dan Gorontalo, distribusi Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, dan Sulawesi Barat, distribusi NTB,, distribusi NTT, distribusi Maluku dan Maluku Utara, serta distribusi Papua dan Papua Barat.

Proses distribusi listrik dengan daerah-daerah diatas, pelaksanaannya pasti pernah mengalami kendala yang menyebabkan distribusi listrik berhenti untuk sementara (listrik padam). Selain itu padamnya listrik juga direncanakan (pemadaman listrik

bergilir), hal ini berkaitan dengan *maintenance*, sehingga menuntut distribusi listrik pada suatu area dihentikan sementara.

Padamnya listrik menyebabkan banyak aktivitas yang terganggu. Peran layanan pengaduan gangguan serta keluhan pelanggan dalam hal ini sangat penting, oleh karena itu PLN membangun *call center* untuk menampung segala pengaduan pelanggan. Disamping itu, PLN juga mempermudah pelanggan dalam pelayanan Pemasangan Baru dan Penambahan Daya (PBPD) serta pemeriksaan jumlah tagihan listrik melalui *call center*. Saat ini, *call center* dipercayakan kepada PT Indonesia Comnets Plus (ICON+) yang merupakan salah satu anak perusahaan PLN. Pusat-pusat *call center* PLN tersebar di sembilan kota yakni Jakarta, Bandung, Semarang, Surabaya, Denpasar, Palembang, Medan dan Balikpapan. *Call center* PLN sendiri bersifat *borderless*, artinya, meskipun masing-masing kota melayani area disekitarnya, tidak menutup kemungkinan panggilan dari kota lain masuk karena *call center* pada area pelayanan tersebut penuh, sehingga mencari operator lain yang memiliki status waktu *available* terlama pada area terdekat. Pada penelitian ini kota Surabaya yang melayani area Jawa Timur sebagai obyek amatan. Berbeda dengan area lainnya, pusat *call center* area Jawa Timur selain di Surabaya juga berada sebagian di Palembang dengan kapasitas 45 operator untuk Surabaya, serta 18 operator untuk Palembang. Dua kota tersebut melayani pelanggan Jawa Timur sejumlah 9,387,560 sebesar 17,541 Kwh (Anon., 2014) angka tersebut menunjukkan jumlah pelanggan yang sangat tinggi, secara tidak langsung akan berdampak tingginya kebutuhan pelanggan terhadap *call center* PLN, baik berupa keluhan, layanan PBPD atau pengecekan tagihan listrik. Tingginya jumlah panggilan yang masuk pada *call center* PLN, harus dapat dilayani PLN dengan maksimal, karena dapat membuat pelanggan memberikan nilai lebih terhadap PLN.

Pelayanan yang maksimal harus diimbangi dengan biaya operasional yang minimal. Banyak langkah yang dapat dilakukan untuk mencapai pelayanan maksimal dengan biaya operasional rendah, antara lain *forecasting*, *staffing* dan simulasi (Koole, 2013). Menjalankan *call center* tidak hanya mengutamakan efisiensi dan efektivitas, namun juga kualitas. Performasi *call center* sangat berhubungan dengan beban kerja yang diberikan kepada operator. Jika beban

kerja terlalu rendah, maka waktu *idle* operator menjadi panjang, namun jika beban kerja yang diberikan besar, maka akan menurunkan performansi operator *call center*. Menurut hasil penelitian Penny Reynold (2013), beban kerja ideal operator *call center* antara 85-90% sedangkan beban kerja eksisting ialah 96%. Dalam hal ini, performansi *call center* harus mempertimbangkan dua hal, yaitu dari sisi operator dan pencapaian target. Pengaturan jadwal operator *call center* harus tepat agar operator tidak mengalami kejenuhan saat bekerja, disamping itu, pencapaian target *call center* harus dapat dipenuhi untuk mengoptimalkan fungsi *call center* yaitu melayani panggilan masuk sebaik mungkin.

Usaha dalam mencapai pelayanan yang maksimal dapat dicapai dengan penjadwalan operator yang baik. Saat ini, *resource* yang dimiliki ICON+ untuk admin *call center* sebanyak 155 orang dengan jumlah karyawan yang dikerjakan sebanyak 80-100 orang setiap harinya, sedangkan jumlah *shift* tidak menentu, karena tergantung hasil penjadwalan. ICON+ memiliki beberapa target yang harus dipenuhi *call center* PLN, antara lain :

Tabel 1.1 Target *Call center* PLN (hasil wawancara)

No	Keterangan	Target
1	<i>Ring No Answer</i> (RNA)	0%
2	<i>Success Call Ratio</i> (SCR)	96%
3	<i>Service Level</i> (SL)	85%

RNA merupakan panggilan masuk yang tidak terjawab dengan waktu tunggu melebihi 30 detik. Target yang kedua ialah SCR yang merupakan prosentase jumlah *abandon call* terhadap jumlah panggilan masuk, sehingga *abandon call* atau panggilan masuk yang terputus kurang dari 30 detik harus dibawah 4% untuk memenuhi target SCR. Target terakhir *service level* merupakan prosentase panggilan masuk yang terjawab dengan waktu tunggu kurang dari 30 detik terhadap jumlah panggilan masuk. Adanya target yang tinggi, ICON+ dituntut untuk menggunakan *resource* sebaik mungkin, karena jika *resource* yang digunakan terlalu banyak, maka akan membutuhkan biaya besar walaupun pasti lebih banyak panggilan masuk yang terlayani, sebaliknya, jika *resource* yang digunakan terlalu sedikit, maka akan banyak panggilan masuk yang akhirnya tidak

dilayani (*abandon call*), meskipun biaya yang dikeluarkan akan semakin sedikit. Oleh karena itu efisiensi dan efektivitas penggunaan *resource* sangat diperlukan. ICON+ melakukan penjadwalan setiap satu bulan sekali, dan dikeluarkan setiap satu minggu, hal tersebut dilakukan untuk mengantisipasi perubahan *trend* panggilan. Jadwal dibagi menjadi 10 *shift*, yaitu :

Tabel 1.2 *Shift* kondisi eksisting *Call center* PLN

Shift	Jam Kerja
X	06.00 – 15.00
A	07.00 – 16.00
B	08.00 – 17.00
D	10.00 – 19.00
E	11.00 – 20.00
G	13.00 – 22.00
H	14.00 – 23.00
I	15.00 – 00.00
M	19.00 – 04.00
P	22.00 – 07.00

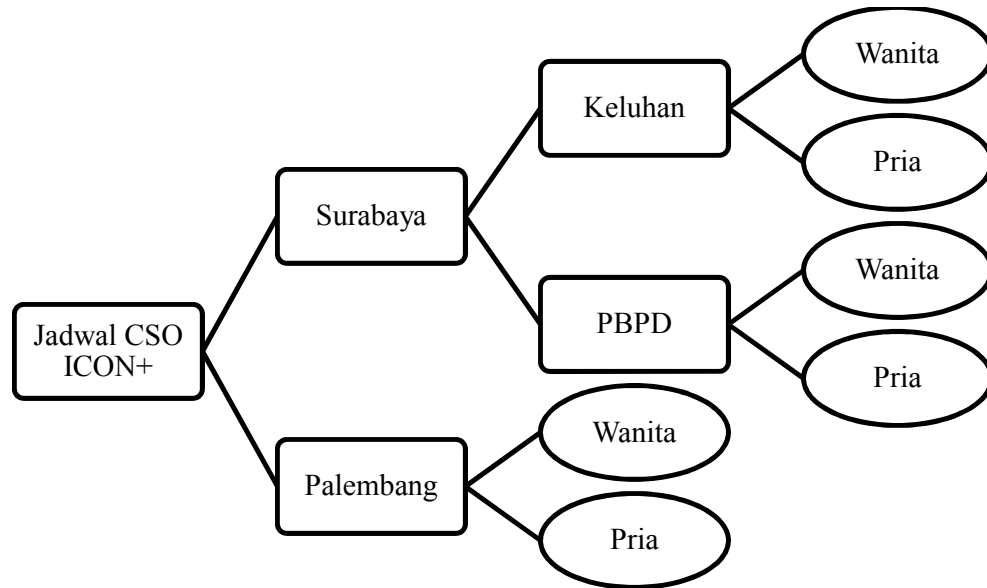
Jika dilihat dari interval waktu *shift*, terdapat beberapa *shift* yang saling bertumpukan, hal ini akan menambah jumlah operator *call center* untuk melayani panggilan masuk. Gambar 1.1 merupakan ilustrasi *shift* operator *call center* :

Jam Operasional																									
n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	n11	n12	n13	n14	n15	n16	n17	n18	n19	n20	n21	n22	n23	n24		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
					Shift X																				
						Shift A																			
								Shift B																	
										Shift D															
												Shift E													
														Shift G											
																Shift H									
																		Shift I							
Shift M																				Shift M					
Shift P																					Shift P				

Gambar 1.1 Ilustrasi *Shift* Eksisting

Dari sepuluh *shift* diatas, tidak semuanya digunakan, dan penggunaan masing-masing *shift* diatas tidak menentu. Untuk *shift* malam, lebih cenderung

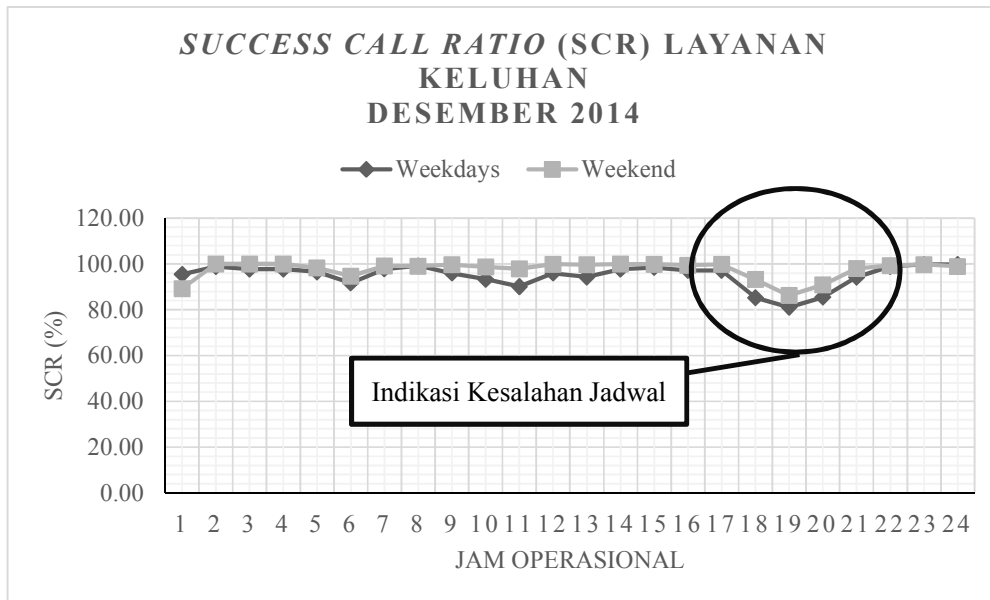
dibebankan kepada operator pria, sedangkan untuk *shift* pagi sampai sore, dibebankan kepada operator wanita. Selain dibedakan berdasarkan jenis kelamin, penjadwalan juga dibedakan berdasarkan layanan PLN, yaitu layanan keluhan dan PBPD, serta berdasarkan letak *call center* sehingga dapat dihasilkan 6 jadwal sebagai berikut :



Gambar 1.2 *Breakdown* Kategori Penjadwalan *Call center* PLN

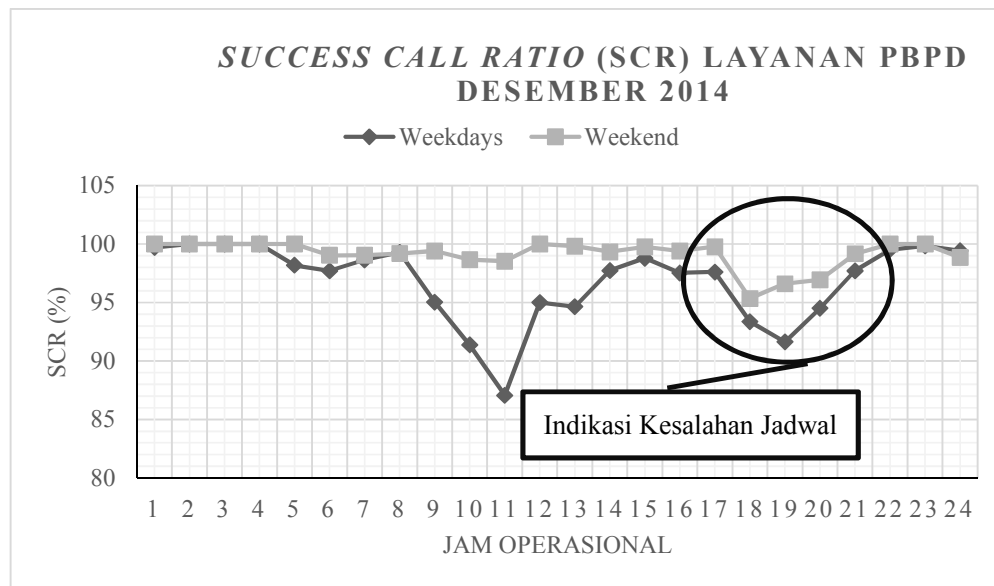
Plotting operator terhadap 6 jadwal tersebut dilakukan dengan beberapa ketentuan mengenai jam kerja hingga beban kerja operator. Jam kerja setiap *shift* 9 jam dengan 1 jam istirahat sesuai jadwal, dalam satu minggu, masing-masing operator memiliki waktu kerja 4-5 hari sehingga masing-masing operator memiliki beban kerja 22 jam dalam satu bulan.

Hasil penjadwalan, akan menentukan performansi *call center*, terutama *success call ratio* (SCR), berikut merupakan grafik rata-rata SCR layanan keluhan untuk *weekdays* dan *weekend* selama 24 jam operasional *call center* dalam 1 bulan Desember 2014 :



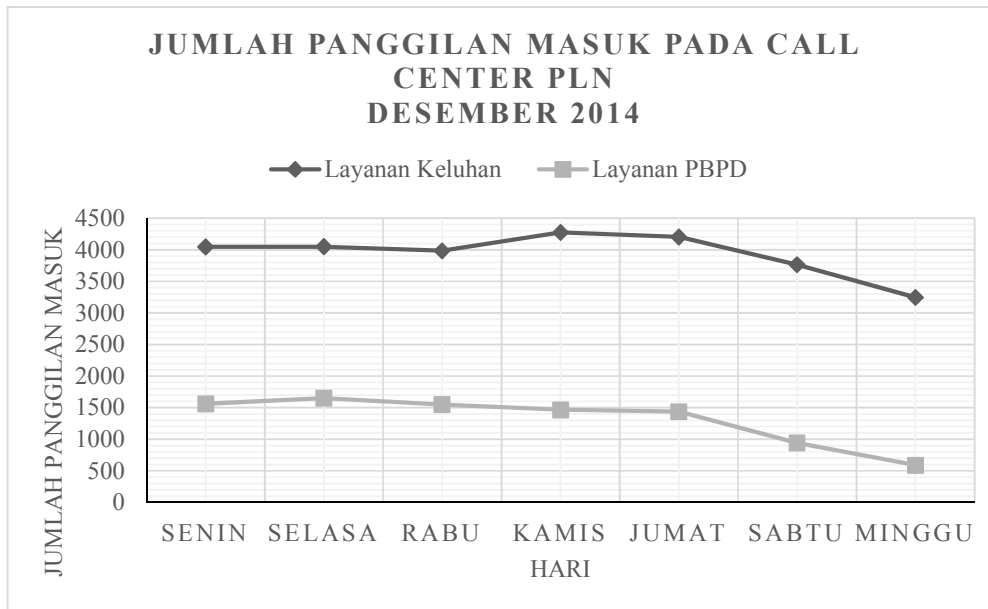
Gambar 1.3 Rata-rata SCR Layanan Keluhan Desember 2014

Dapat dilihat pada grafik bahwa SCR pada jam-jam tertentu mengalami penurunan yaitu sekitar pukul 17.00 – 19.00, hal ini merupakan indikasi adanya kesalahan penjadwalan, sehingga sistem penjadwalan perlu dilakukan perbaikan agar SCR yang dihasilkan memenuhi target. Sama halnya dengan rata-rata SCR layanan keluhan, layanan PBPD juga menunjukkan indikasi penurunan rata-rata SCR pada jam-jam operasional tertentu, berikut grafik rata-rata SCR layanan PBPD untuk *weekdays* dan *weekend* selama 24 jam pada bulan Desember 2014 :



Gambar 1.4 SCR Layanan PBPD Desember 2014

Penurunan rata-rata SCR yang terjadi sekitar pukul 08.00-11.00 serta jam 16.30-18.30, juga merupakan indikasi kesalahan penjadwalan, sehingga membutuhkan perbaikan sistem penjadwalan. Hal yang ditekankan dalam menyusun sistem penjadwalan baru ialah meningkatkan SCR namun menggunakan *resource* seminimal mungkin pada setiap *shift*, hal ini akan diterapkan baik pada jadwal operator layanan keluhan, dan jadwal operator layanan PBPD. Selain adanya indikasi kesalahan penjadwalan, dalam satu minggu, Bambang Dwiyanto selaku manager senior komunikasi korporat PLN menyatakan bahwa beban listrik pada saat *weekend* yang cenderung lebih rendah dibanding saat *weekdays* (2014), sehingga panggilan masuk ke *call center* PLN lebih rendah, hal ini dapat dilihat pada grafik jumlah panggilan masuk selama Desember 2014 dibawah ini:



Gambar 1.5 Grafik Jumlah Panggilan Masuk ke *Call center* PLN

Penurunan jumlah panggilan masuk, mendukung perlunya pemisahan jadwal Antara *weekdays* dan *weekend*, sehingga menambah ketepatan penyusunan jadwal operator *call center*.

Adanya penjadwalan yang tepat, akan sangat berpengaruh terhadap performansi layanan *call center* yang memberi peran penting dalam penilaian *customer* terhadap PLN ataupun ICON+. Layanan *call center* sendiri merupakan salah satu dari aktivitas *customer relationship management* (CRM) (Agustiyadi, 2011). Pengertian dari CRM sendiri merupakan integrasi dari *strategi* pemasaran dan pelayanan yang terkoordinasi. Tujuan dari CRM ialah meningkatkan keuntungan perusahaan melalui hubungan yang baik dengan pelanggan, memberikan pelayanan secara maksimal terutama dalam hal informasi, dan mendukung proses penjualan berulang kepada pelanggan (Kalakota dan Robinson, 2015). Pada intinya dengan memaksimalkan fungsi dari *call center*, pelanggan akan lebih loyal terhadap perusahaan, dan keuntungan perusahaan meningkat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas ialah bagaimana sistem penjadwalan *call center* PLN sehingga SCR dan beban kerja dapat sesuai dengan target.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian mengenai penjadwalan *call center* ialah sebagai berikut :

1. Menghitung operator *call center* yang dibutuhkan pada setiap interval waktu berdasarkan *arrival rate*, *service rate* dan target utilitas operator.
2. Melakukan penjadwalan operator *call center* PLN untuk meminimalkan jumlah operator yang diperlukan secara keseluruhan.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian mengenai penjadwalan *call center* ialah :

1. Sistem penjadwalan yang baru dapat dijadikan referensi perusahaan dalam melakukan penjadwalan operator *call center*.
2. Memenuhi target SCR dan beban kerja, sehingga performansi *layanan call center* PLN baik dimata *customer*

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Pada subbab 1.5 menjelaskan mengenai ruang lingkup penelitian berupa batasan dan asumsi.

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam penelitian penjadwalan operator *call center* ialah :

1. *Call center* PLN area Jawa Timur dengan jenis layanan Pelayanan, Pemasangan Baru dan Penambahan Daya (PBPD) serta keluhan sebagai obyek amatan.
2. Layanan pemeriksaan tagihan listrik tidak masuk menjadi obyek penelitian.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian penjadwalan operator *call center* ialah :

1. ICON+ dapat melakukan perekrutan operator baru sesuai kebutuhan.
2. Tidak ada pengaruh dari perbedaan lokasi *call center* PLN distribusi Jawa Timur.
3. Peralatan *call center* tidak pernah mengalami kerusakan.

1.6 Sistematika Penulisan

Gambaran umum mengenai pengerjaan penelitian akan dijelaskan pada sistematika penulisan sebagai berikut :

- BAB 1 Bab pendahuluan berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup penelitian (batasan dan asumsi), dan sistematika penulisan.
- BAB 2 Bab tinjauan pustaka berisi teori yang digunakan sebagai landasan dalam pengerjaan penelitian mengenai penjadwalan operator *call center*.
- BAB 3 Bab metodologi penelitian merupakan pemaparan langkah-langkah pengerjaan penelitian penjadwalan operator *call center* mulai dari proses penentuan topik sampai pengambilan kesimpulan.
- BAB 4 Bab pengumpulan dan pengolahan data. Pengumpulan data menjelaskan mengenai data-data yang digunakan dalam penelitian. Bab pengolahan data merupakan proses pengolahan data mulai dari deteksi data *outlier* sampai validasi.
- BAB 5 Bab analisis berisi tentang analisis hasil penelitian untuk menjawab permasalahan penelitian, serta menjadi dasar penarikan kesimpulan pada bab VI
- BAB 6 Bab Kesimpulan dan Saran berisi tentang kesimpulan yang didasarkan hasil penelitian serta tujuan penelitian. Sedangkan saran merupakan masukan yang berguna untuk penelitian selanjutnya.

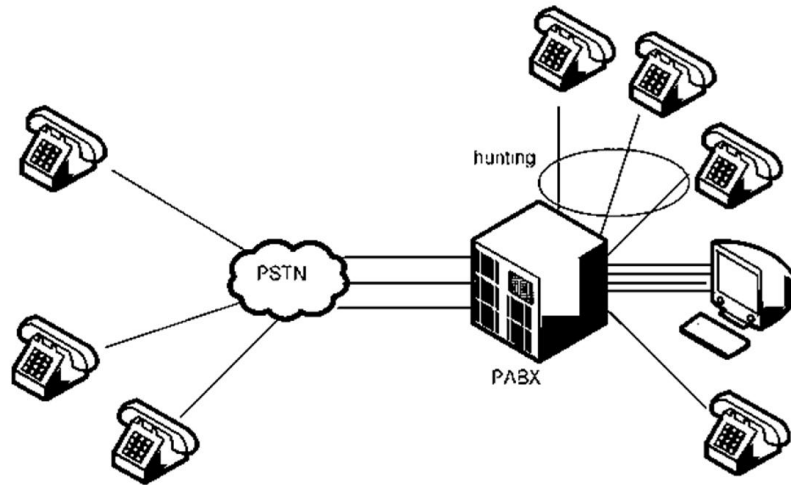
BAB 2

LANDASAN TEORI

Bab 2 berisi mengenai referensi atau studi *literature* yang digunakan dalam proses penyelesaian masalah.

2.1 *Call center*

Call center merupakan fasilitas dari perusahaan untuk menerima panggilan telepon (*inbound*) ataupun melakukan panggilan telepon keluar (*outbound*). Panggilan yang masuk ataupun yang keluar merupakan kepentingan perusahaan (Bergh, 2006). Pada umumnya *call center* melayani pengaduan serta pertanyaan pelanggan mengenai produk atau jasa dari suatu perusahaan. PT PLN (Persero) merupakan salah satu perusahaan yang memiliki *call center* dengan nomor 123. Layanan yang disediakan *call center* PLN ada tiga, antara lain pengecekan tagihan listrik (nomer ekstensi 1), pengaduan (nomer ekstensi 2) dan pemasangan baru serta Penambahan Daya (nomer ekstensi 3). Tiga layanan *call center* PLN tidak semuanya tersambung dengan operator, layanan pengecekan tagihan listrik tersambung dengan *Interactive Voice Response* (IVR) atau tersambung dengan aplikasi yang menerima nada sentuhan keypad sebagai input dan memberikan respon berupa suara (Anon., 2004). Operator *call center* hanya melayani layanan pengaduan, pertanyaan pelanggan serta PBPD. Sistem kerja *call center* dapat digambarkan pada gambar 3.1.



Gambar 2.1 Diagram Sistem Kerja *Call center*

Gambar 3.1 menggambarkan proses terjadinya panggilan masuk, dimulai dari panggilan dari pelanggan menuju *call center*, kemudian masuk pada *Public Switched Telephone Network* (PSTN). Definisi PSTN ialah jaringan *circuit-switched network* telepon dari suatu lingkup tertentu (Anon., 2015). Dari PSTN, panggilan masuk ke *Private Branch Exchange* (PABX) yang menghubungkan eksternal *line* dengan telepon internal (Anon., 2013). Panggilan yang masuk secara langsung akan menghampiri operator yang memiliki waktu *available* terlama, atau jarak waktu dengan panggilan sebelumnya yang paling lama, metode ini dinamakan metode berbasis waktu. Pemerataan beban kerja merupakan hal yang diutamakan dalam metode berbasis waktu.

2.2 Peramalan (*Forecasting*) Jumlah Panggilan Masuk

Tugas yang penting dalam membangun *call center* ialah *staffing* atau alokasi staf (Bergh, 2006). Menentukan jadwal operator harus tepat, karena jika terlalu banyak operator, maka akan menimbulkan biaya operasional yang tinggi meskipun banyak panggilan yang terlayani, namun jika operator yang bekerja terlalu sedikit, maka akan menimbulkan banyak panggilan yang tidak terlayani meskipun biaya operasional rendah. Artinya, jumlah operator yang dibutuhkan seminimal mungkin untuk mencapai target *call center*. Oleh karena itu *forecasting* dibutuhkan untuk memperkirakan jumlah panggilan masuk pada periode

mendatang. Dengan adanya perkiraan jumlah panggilan masuk, maka jumlah operator yang dibutuhkan dapat diketahui. Menurut cakupan waktu, terdapat tiga jenis *forecasting* (Walters, 2003), antara lain :

- *Long-term Forecast* : hasil *forecast* mencakup beberapa tahun kedepan. Contohnya untuk penggunaan fasilitas baru perlu diketahui demand beberapa tahun kedepan.
- *Medium-term Forecast* : waktu yang dicakup antara tiga bulan sampai satu tahun. Contohnya ialah pergantian produk lama dengan yang baru, sehingga dibutuhkan peramalan demand beberapa bulan kedepan.
- *Short-term Forecast* : cakupan waktunya hanya beberapa minggu kedepan, contohnya penjadwalan operasional. Kondisi yang masih sama, membuat *forecast* demand yang dibutuhkan hanya sedikit.

Pada intinya, tujuan *forecast* menjadi dasar penentuan cakupan waktu *forecast*. *Call center* melakukan *forecast* sebagai acuan dalam melakukan penjadwalan, sehingga *forecast* yang digunakan ialah *short-term forecast*. Selain karena sistem yang masih sama, *short-term forecast* juga lebih akurat (Koole, 2007).

Forecasting pada *call center* digunakan untuk memprediksi panggilan yang masuk pada interval waktu tertentu, hal ini dapat menjadi acuan dalam menentukan jumlah operator *call center*. Terdapat beberapa metode *forecasting* yang dapat digunakan menurut pola data, antara lain :

Tabel 2.1 Model *Forecasting* berdasarkan Pola Data

No	Model <i>Forecasting</i>	Pola Data	
		Trend	Seasonality
1	ARIMA	Ya	Ya
2	<i>Dynamic Regression</i>	Ya	Ya
3	<i>Single Exponential Smoothing</i>	Tidak	Tidak
4	<i>Moving Average</i>	Tidak	Tidak
5	<i>Average</i>	Tidak	Tidak
6	<i>Holt's Linear</i>	Ya	Tidak
7	<i>Holt-Winter Trend and Seasonality</i>	Ya	Ya
8	<i>Regression Analysis</i>	Ya	Ya
9	<i>Regression Linear</i>	Ya	Tidak

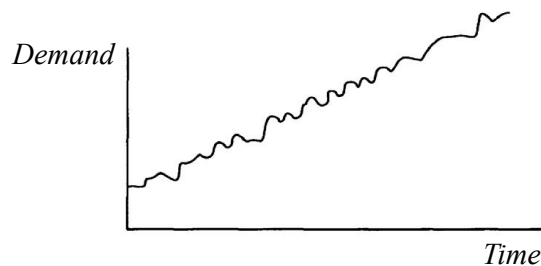
Sumber : Bergh, 2006

Tabel 2.1 menunjukkan bahwa jika data memiliki *trend* dan *seasonality* maka *forecasting* dapat dilakukan dengan model ARIMA, *dynamic regression*, *holt-winter* dan *regression analysis*. Sedangkan jika data hanya memiliki *trend*, maka model yang digunakan ialah *holt's linear* dan juga *regresi linear*. Namun jika data tidak memiliki *trend* maupun *seasonality*, maka model yang digunakan ialah *Single Exponential Smoothing* atau dapat menggunakan rata-rata data historis.

Data jumlah panggilan masuk atau *demand* memiliki 3 jenis, antara lain *trend*, *seasonality* dan konstan. Berikut merupakan penjelasan masing-masing pola data :

1. *Trend*

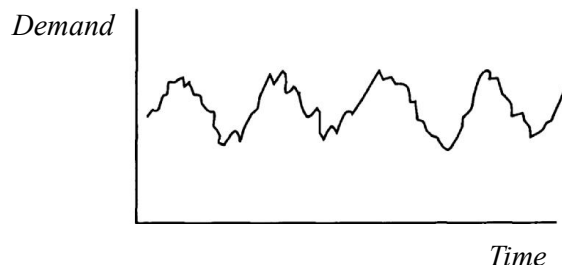
Grafik pola data *trend* memiliki kecenderungan untuk terus naik atau terus turun. Contohnya ialah data *demand* bahan bakar minyak yang selalu mengalami peningkatan. Gambar 2.2 merupakan contoh grafik pola data *trend*



Gambar 2.2 Grafik Pola Data *Trend* (Walters, 2003)

2. *Seasonality*

Pola data *seasonality* memiliki siklus sehingga terdapat *peak season*. Contohnya ialah data *demand* jas hujan yang akan mengalami peningkatan saat musim penghujan dan menurun kembali saat musim kemarau tiba, siklus tersebut akan terus berulang. Gambar 2.3 merupakan contoh grafik pola data *seasonality*.



Gambar 2.3 Grafik Pola Data *Seasonality* (Walters, 2003)

3. *Constant*

Pola data konstan memiliki kecenderungan berada pada level yang sama setiap waktunya. Contohnya ialah permintaan roti yang tidak pernah mengalami peningkatan/penurunan secara berkelanjutan ataupun berupa siklus peningkatan dan penurunan yang berulang. Gambar 2.4 merupakan contoh grafik pola data konstan.



Gambar 2.4 Grafik Pola Data *Constant* (Walters, 2003)

Berdasarkan hasil plotting data, jenis pola data ialah konstan sehingga *forecasting* dapat dilakukan dengan *average*, *moving average*, ataupun *single exponential smoothing*. Metode yang dipilih untuk *forecasting* ialah *average* atau rata-rata sederhana karena metode ini sudah cukup untuk merepresentasikan keadaan pada periode selanjutnya. Langkah dari *forecasting* dimulai dari mengelompokkan data menurut layanan, hari operasional dan interval jam, kemudian dilakukan perhitungan rata-rata untuk setiap interval jam.

2.3 *Integer linear programming (ILP)*

Sebelum mengenal *integer linear programming*, perlu adanya pengenalan *linear programming*. Dalam optimasi fungsi *linear* tanpa *constraints*, jika digambarkan dalam grafik, maka solusi optimum akan terletak dititik grafik paling rendah untuk masalah minimum atau paling tinggi untuk masalah maksimum. Namun kenyataanya, setiap problematika pasti memiliki kondisi yang membatasi, atau *costrain*. Optimasi fungsi *linear* yang memiliki *constraints* inilah yang disebut sebagai *linear programming* (Hillier & Lieberman, 2001). Dalam program *linear* memiliki empat elemen penting dari *linear programming* ialah :

✓ *Decision* Variabel (Variabel Keputusan)

Merupakan *decision* variabel atau variabel yang tidak diketahui nilainya, atau yang nilainya akan diketahui setelah masalah dipecahkan. Nilai *decision* variabel merepresentasikan sesuatu yang dapat dikendalikan nilainya.

✓ *Objective Function*

Berupa *mathematical expression* dari gabungan variabel-variabel keputusan yang merepresentasikan tujuan.

✓ *Constraints*

Berupa *mathematical expressions* dari gabungan variabel-variabel yang merepresentasikan batasan dalam permasalahan untuk menghasilkan nilai variabel keputusan yang *possible*.

✓ Variabel *Bounds*

Merupakan batasan nilai variabel keputusan, karena sangat jarang ditemui nilai variabel keputusan yang tidak memiliki batasan nilai atau nilai minus tak terhingga sampai tak terhingga.

Pengembangan model *linear programming* harus melibatkan keempat elemen tersebut. Namun pengembangan model *linear programming* memiliki beberapa asumsi (Hillier & Lieberman, 2001), antara lain :

1. *Propotionality*

Tingkat aktivitas x_j yang digambarkan oleh $c_j x_j$ proposional dengan tingkat kontribusi aktivitas terhadap nilai fungsi obyektif (Z). Sedangkan pada

konstrai, tingkat aktivitas $a_{ij}x_j$ proporsional dengan tingkat kontribusi terhadap nilai konstanta (sisi kiri fungsi konstrain).

2. *Additivity*

Setiap fungsi yang terdapat pada *linear programming*, baik fungsi obyektif maupun fungsi konstrain merupakan jumlah dari kontribusi-kontribusi aktivitas.

3. *Divisibility*

Nilai dari decision variabel *linear programming* dapat berbentuk *integer* maupun *noninteger*. Namun untuk jenis *integer linear programming* asumsi ini tidak digunakan, karena nilai *decision* variabel *integer linear programming* tidak diperkenankan berbentuk decimal maupun pecahan.

4. *Certainty*

Nilai parameter *linear programming* memiliki nilai konstan, atau nilai parameter tidak mengalami perubahan.

Jenis *linear programming* yang digunakan dalam penelitian ialah *integer linear programming*, sehingga nilai variabel keputusan dalam beberapa kasus harus bernilai *integer* (bulat), asumsi *linear programming divisibility* juga tidak berlaku. *Integer linear programming* dibedakan menjadi empat macam (Hillier & Lieberman, 2001), antara lain :

- ✓ *Pure Integer Programming* : Semua variabel keputusan harus memiliki nilai *integer*.
- ✓ *Mixed Integer Programming* : Tidak semua variabel keputusan harus bernilai *integer*, atau beberapa variabel keputusan dapat bernilai pecahan.
- ✓ *Binary Integer Programming* : Semua variabel keputusan bernilai biner (0 atau 1).
- ✓ *Mixed Binary Integer Programming* : Tidak semua variabel keputusan bernilai biner, namun sebagian bernilai *integer* (tidak biner), dan sisanya bernilai pecahan.

Dari keempat jenis *integer linear programming* tersebut, banyak masalah-masalah yang dapat diselesaikan. Contohnya untuk jenis *pure integer linear programming* ialah masalah investasi, *budgeting*, *routing*, *knapsack*, *set covering*, *location*, *assignment*, *scheduling*, dan lainnya. Dalam penelitian ini, akan

menggunakan metode *pure integer linear programming* untuk masalah *scheduling*.

Sebelum pemodelan ILP disusun, jumlah *shift* dalam satu hari dan constrain sesuai kondisi yang dibutuhkan harus diketahui. Banyaknya operator dalam satu *shift* menjadi variabel keputusan, sehingga banyaknya variabel keputusan ditentukan oleh jumlah *shift* dalam satu hari. Sedangkan constrain yang digunakan ialah jumlah operator minimal yang dibutuhkan dalam setiap *shift*, berikut gambaran model matematisnya (Hartanto & Puspitasari, 2014) :

- Minimize $Z = \sum_{i=1}^S x_i$ (2.1)

- Constrain : $\sum_{j \in A_i} x_i \geq n_i$ (2.2)

$$\sum_{j \in A_i} x_i \leq C \quad (2.3)$$

$$x_i = \text{Integer} \quad (2.4)$$

$$x_i \geq 0 \quad (2.5)$$

- Notasi

S = Jumlah *shift*

x_i = Jumlah Operator pada *shift* i

n_i = Operator yang dibutuhkan pada *shift* i

A_i = Gabungan *Shift* pada interval waktu yang sama

C = Kapasitas *Call center*

Fungsi obyektif model ILP merupakan jumlah operator yang dibutuhkan selama 24 jam operasional. Konstrain pertama menunjukkan bahwa operator yang ditugaskan harus lebih besar atau sama dengan kebutuhan operator pada interval waktu i. Konstrain kedua menunjukkan bahwa jumlah operator yang ditugaskan pada interval waktu i tidak boleh melebihi kapasitas *call center*, sedangkan konstrain terakhir menunjukkan *decision* variabel bernilai *non-negative*.

Ilustrasi plotting *shift* untuk dasar pengembangan model ILP ditunjukkan pada gambar 2.3.

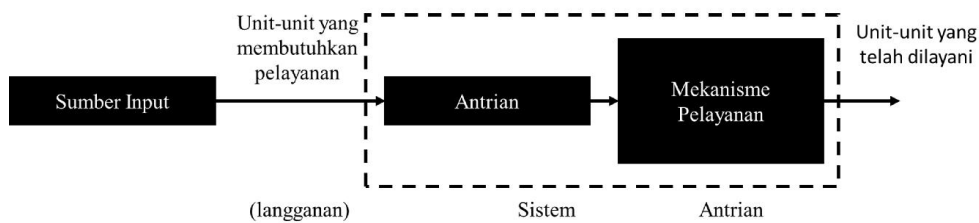
Jam Operasional																							
n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	n11	n12	n13	n14	n15	n16	n17	n18	n19	n20	n21	n22	n23	n24
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Shift 10																							
Shift 11																							
Shift 12																							
Shift 13																							
Shift 14																							
Shift 15																							
Shift 16																							
Shift 17																							
Shift 18																							

Gambar 2.5 *Plotting Shift* untuk Pengembangan Model ILP

Terdapat 18 *shift* yang digunakan untuk model ILP, namun belum tentu semuanya memiliki nilai lebih dari 0. Artinya hasil dari model ILP secara langsung akan membetuk *shift* dengan jumlah operator yang sesuai dengan kebutuhan. Selain itu *shift* untuk wanita hanya pada *shift* 1 hingga *shift* 6.

2.4 Teori Antrian

Teori antrian merupakan studi matematis mengenai antrian. Variabel-variabel yang berpengaruh terhadap antrian ialah, jumlah kedatangan, kapasitas antrian, dan lama pelayanan (Dimyati & Tarlih D., 2006). Permasalahan yang selalu terjadi pada antrian ialah untuk memenuhi permintaan pelayanan dengan maksimal, maka dibutuhkan banyak server, jelas hal ini akan menambah biaya. Sebaliknya, jika minimasi jumlah server tanpa memperhatikan jumlah antrian, hal ini akan memicu adanya *lost sales*, atau kehilangan pelanggan. Teori antrian bertujuan untuk mengatasi masalah tersebut. Proses dari antrian ialah sebagai berikut :



Gambar 2.6 Sistem Antrian (Dimiyati & Tarliah D., 2006)

Langganan berasal dari sumber input yang memasuki sistem antrian menunggu untuk dilayani. Penentuan waktu untuk dilayani berdasarkan aturan yang disebut disiplin antrian dan saat dilayani menggunakan mekanisme pelayanan. Setelah pelayanan selesai, maka unit meninggalkan sistem antrian. Berikut penjelasan dari struktur sistem antrian :

a. Sumber Input

Pada sistem antrian, sumber input perlu diketahui jumlahnya. Oleh karena itu, distribusi dari kedatangan sumber input harus ditentukan. Asumsi yang digunakan ialah, untuk interval kedatangan memiliki distribusi eksponensial. Banyaknya jumlah sumber input tidak dipengaruhi oleh jumlah *customer* yang dimiliki oleh suatu layanan, misalnya PLN memiliki 6000.000 pelanggan, namun, jumlah pelanggan yang masuk dalam sistem antrian *call center* hanyalah 100 pelanggan.

b. Disiplin Pelayanan

Disiplin antrian merupakan aturan patokan dalam memilih anggota antrian yang akan dilayani. Contoh yang paling dasar pada *call center* ialah *First Come First Served* (FCFS), artinya anggota antrian yang pertama kali datanglah yang akan dilayani (Ger & Mandelbaum, 2001).

c. Mekanisme Pelayanan

Mekanisme antrian merupakan alur dari proses pelayanan, misalnya untuk berbicara dengan operator *call center* harus menekan nomor ekstensi.

d. Output

Setelah pelayanan selesai dilakukan, maka, unit keluar dari sistem antrian.

2.4.1 Terminologi dan Notasi

Pemodelan *integer linear programming* beberapa constrain menggunakan jumlah operator yang dibutuhkan, dengan modal utilitas, jumlah operator yang dibutuhkan dapat diketahui. Jumlah operator yang dibutuhkan dapat dihitung dari rumus utilitas pada teori antrian (Hillier & Lieberman, 2001), berikut rumus utilitas (ρ) :

$$\rho = \frac{\lambda}{S\mu} \rightarrow S = \frac{\lambda}{\rho\mu} \quad (2.6)$$

Notasi rumus utilitas pada teori antrian yang digunakan dalam penelitian ini ialah :

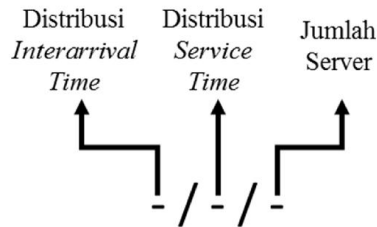
- S : Jumlah server yang disediakan sistem antrian
- λ : Tingkat kedatangan rata-rata unit dalam sistem antrian
- μ : Tingkat pelayanan rata-rata unit
- ρ : Utilitas server, atau perbandingan total waktu pelayanan server dengan waktu kerja server

Perhitungan operator yang dibutuhkan akan dilakukan untuk setiap interval waktu menyesuaikan dengan permintaan yang terjadi. Hasil pemodelan ILP akan menjadi dasar penjadwalan *call center*.

2.4.2 Distribusi Variabel Sistem Antrian

Sistem antrian memiliki dua karakter yang digambarkan dua aturan statistic, yaitu *probability distribution of interarrival times* dan *probability distribution of service times*. Distribusi untuk *interarrival call times call center* yang paling dasar eksponensial (Ger & Mandelbaum, 2001), karena kedatangan pelanggan bersifat acak namun dalam waktu tertentu memiliki kedatangan dengan tingkat rata-rata tetap dan independen terhadap jumlah pelanggan yang telah berada dalam sistem. Hal ini berhubungan dengan proses terjadinya sistem antrian. Proses antrian dibagi menjadi dua macam. Pada saat sistem antrian dibuka, maka kedatangan sangat dipengaruhi oleh kondisi kedatangan sebelumnya, kondisi ini disebut *transient condition*. Seiring berjalannya waktu, kondisi transien akan terlewati, sistem akan bersifat independen terhadap *initial state* (Hillier & Lieberman, 2001). Selain waktu antar kedatangan, lama

pelayanan panggilan *call center* pada dasarnya memiliki distribusi eksponensial (Ger & Mandelbaum, 2001). Namun, untuk beberapa kejadian, *service time* juga dapat berdistribusi gamma dan degenerate (konstan). Penggunaan distribusi yang berbeda menyebabkan terbentuknya model antrian yang berbeda-beda, sehingga jenis model antrian digambarkan dengan label dibawah ini :



- M = Distribusi Eksponensial (Markovian)
- D = Distribusi *Degenerate* (Waktu Konstan)
- Ek = Distribusi Erlang (*Shape* Parameter = k)
- G = Distribusi General (distribusi lainnya)

Studi kasus *call center* memiliki distribusi eksponensial untuk waktu antar kedatangan dan *service time*, sehingga label yang berlaku ialah M/M/s. Jumlah server atau s merupakan bilangan integer yang menggambarkan jumlah banyaknya operator *call center*.

2.5 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas menunjukkan pengaruh parameter *linear programming* terhadap solusi optimal (Winston, 2003). Parameter *linear programming* yang dapat diubah ialah koefisien fungsi obyektif atau ruas kanan konstrain. Analisis sensitivitas memiliki tiga tujuan (Daellenbach & McNickle, 2005), antara lain :

1. Sensitivitas analisis dapat menunjukkan kekuatan model ILP. Jika solusi optimal tidak berubah ketika parameter mengalami perubahan signifikan maka model ILP dapat diragukan.

2. Perubahan lingkungan yang mungkin terjadi akan berpengaruh pada batasan model. Secara langsung hal ini membuat solusi optimal berubah. Sensitivitas analisis dapat digunakan untuk mengetahui perkiraan perubahan yang terjadi.
3. Implementasi solusi optimal untuk data atau lingkup yang besar, seharusnya tidak membuat nilai solusi optimal berubah. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai *confidence* model tinggi.

Dalam penelitian ini, analisis sensitivitas bertujuan untuk melihat kontribusi parameter dalam menentukan total operator yang digunakan dalam 24 jam. Tujuan kedua ialah mengetahui batas perubahan nilai parameter untuk menghasilkan solusi optimal yang paling baik. Perubahan parameter terdiri dari dua jenis, antara lain :

- Perubahan pada Koefisien Fungsi Obyektif

Koefisien fungsi tujuan menunjukkan kontribusi variabel terhadap nilai z , sehingga jika koefisien variabel mengalami perubahan, maka solusi optimal juga akan berubah. Pada studi kasus *call center*, jika *shift* tertentu memiliki kontribusi yang lebih besar terhadap nilai z , maka solusi optimal lebih mengutamakan *shift* lain karena model ILP termasuk minimasi problem. Contoh faktor yang dapat diubah ialah gaji.

- Perubahan pada Ruas Kanan Konstrain

Perubahan ruas kanan konstrain akan menyebabkan solusi optimal berubah. Dalam studi kasus *call center*, kebutuhan operator merupakan sisi kanan konstrain. Kebutuhan operator dipengaruhi oleh *service rate* dan *arrival rate* sehingga parameter yang digunakan ialah jumlah panggilan masuk serta *service rate*.

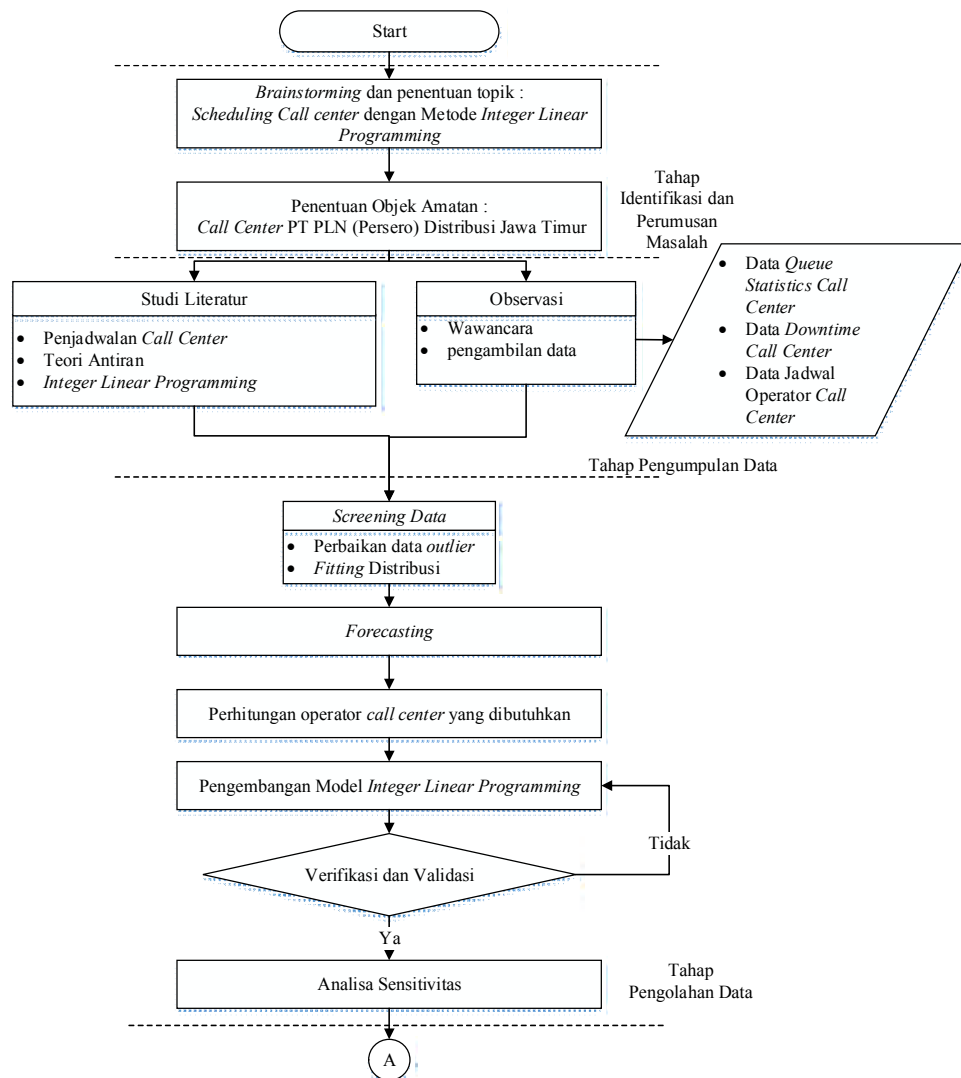
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

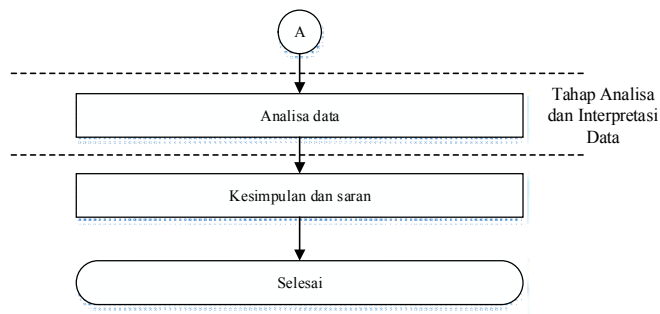
Bab 3 berisi tentang langkah-langkah pengerjaan penelitian mengenai penjadwalan *call center*.

3.1 Gambaran Umum Proses Pengerjaan Penelitian

Proses penelitian akan dilakukan secara bertahap, berikut merupakan gambaran umum proses penelitian yang akan berlangsung :



Gambar 3.1 Flowchart Proses Pengerjaan Penelitian



Gambar 3.2 *Flowchart* Proses Pengerjaan Penelitian (Lanjutan)

3.2 Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah

Tahap identifikasi dan perumusan masalah dimulai dari topik penelitian yaitu penjadwalan operator *call center*. Metode pengerjaan tugas akhir yang digunakan ialah *integer linear programming*. Obyek penelitian ditentukan berdasarkan topik serta metode penelitian, dalam hal ini *call center* PT PLN (Persero) khusus layanan keluhan pelanggan serta PBPD menjadi obyek penelitian.

3.3 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dengan pihak-pihak yang berperan dalam *call center* PLN mengenai kondisi eksisting, serta melakukan pengambilan data antara lain :

- *queue statistics call center*

Data *queue statistics call center* merupakan data historis jumlah panggilan yang masuk, jumlah panggilan yang diterima, SCR, SL dan total lama pelayanan (detik) selama interval waktu yaitu 1 jam. Data SCR dan SL berbentuk presentase, SCR merupakan presentase panggilan terlayani terhadap jumlah panggilan masuk. Sedangkan SL merupakan presentase jumlah panggilan terlayani kurang dari 30 detik terhadap jumlah panggilan masuk. Hasil rekap data kemudian dirata-rata dan akan menjadi laporan performansi *call center*. Rekap data *queue statistics* layanan pengaduan dibedakan dengan layanan PBPD.

- **Jadwal operator *call center***

Pengaturan *shift* kerja operator *call center* terdapat pada data jadwal *call center*. Penjadwalan *call center* dibagi menjadi enam yaitu jadwal operator wanita dan pria untuk layanan pengaduan, jadwal operator wanita dan pria untuk layanan PBPD serta jadwal operator wanita dan pria di kantor *call center* Palembang untuk layanan pengaduan. Data jadwal operator berupa *plotting shift* masing-masing pegawai dengan total beban kerja 22 hari dalam 1 bulan. Status ketersediaan operator (cuti, pelatihan atau dinas) juga terdapat pada jadwal operator *call center*.

- **Jadwal istirahat operator *call center***

Pengaturan jam istirahat operator terdapat pada data jadwal istirahat (*break*) operator. Total waktu istirahat operator dalam satu *shift* ialah satu jam. Total istirahat 1 jam, operator istirahat empat kali dengan pembagian waktu yang disesuaikan terhadap waktu *shift* dan jadwal sholat. Dalam satu *shift*, operator dibagi menjadi 4 kelompok untuk istirahat secara bergiliran, hal ini menghindari *call center* kekurangan operator saat jam operasional.

Keseluruhan data direkap oleh *desk control* dalam file yang berbeda. Posisi *desk control* sendiri merupakan salah satu pengawas operasional *call center* sehingga banyak data-data mengenai operasional *call center* yang direkap. Proses pengerjaan penelitian membutuhkan Pengerjaan penelitian juga menggunakan literatur sebagai acuan. Literatur yang digunakan mengenai penjadwalan *call center*, teori antrian, *forecasting* dan *Integer Linear Programming*. Studi literatur dilakukan untuk mendukung pengerjaan penelitian.

3.4 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data terdiri dari enam proses yaitu screening data, peramalan panggilan masuk, pengembangan model *integer linear programming*,

3.4.1 Tahap Screening Data

Pengolahan data dimulai dari perbaikan data *outlier* dari data panggilan masuk, data SCR dan data lama pelayanan. Sebelum pendeteksian data *outlier*,

data bagi menjadi data *weekdays* dan data *weekend*, hal ini dilakukan karena pola data yang menunjukkan perbedaan intensitas panggilan masuk antara *weekend* dan *weekdays*. Kriteria dari data *outlier* ialah data yang nilainya diluar rentang $\bar{x} \pm 3\sigma$, \bar{x} diperoleh dari rata-rata data (*weekdays* atau *weekend*). Setelah diketahui data-data *outlier*, dilakukan perbaikan data dengan menggunakan rata-rata data yang sejenis, contohnya, data panggilan masuk pada hari rabu, minggu pertama, jam ke-4 merupakan data *outlier*, maka dilakukan perbaikan dengan rata-rata data panggilan masuk pada hari rabu jam ke-4 untuk minggu kedua, ketiga, keempat, dan kelima sebagai pengganti data *outlier* tersebut. Perbaikan data *outlier* dilakukan terus-menerus hingga tidak ada lagi data *outlier*. Data yang telah diperbaiki dapat diuji distribusinya, hal ini dilakukan untuk mengetahui pola data.

3.4.2 Tahap Peramalan (*Forecasting*) Jumlah Panggilan Masuk

Jumlah panggilan masuk ke *call center* dan jumlah operator *call center* sangat berkaitan. Semakin banyak panggilan masuk, maka akan dibutuhkan semakin banyak operator *call center*. Namun, jumlah panggilan masuk merupakan variabel yang tidak dapat dikontrol, sehingga dibutuhkan *forecasting*. Proses *forecasting* dilakukan terhadap data pada interval jam operasional yang sama, hal ini bertujuan untuk memproyeksikan panggilan masuk dalam interval waktu tertentu dimasa mendatang. Pola data panggilan masuk pada *call center* PLN dalam interval waktu yang sama ialah konstan. Menurut Donald Walters (2003), peramalan pola data konstan dapat dilakukan dengan rata-rata sederhana. Hasil perhitungan rata-rata merupakan perkiraan jumlah panggilan masuk pada periode selanjutnya. Hasil *forecasting* dapat menjadi referensi ICON+ dalam mengatur jumlah operator yang dimiliki.

3.4.3 Perhitungan Operator *Call center* yang Dibutuhkan

Perhitungan operator *call center* yang dibutuhkan pada setiap interval dilakukan dengan menggunakan rumus pada teori antrian. Variabel yang menjadi input ialah rata-rata panggilan masuk, rata-rata pelayanan dan utilitas. Hasil perhitungan akan digunakan sebagai konstrain model *integer linear programming* untuk studi kasus penjadwalan operator *call center*.

3.4.4 Tahap Pengembangan Model *Integer linear programming* (ILP)

Model ILP dikembangkan berdasarkan ketentuan penjadwalan eksisting, misal adanya jam istirahat pegawai. Dengan mengetahui ketentuan penjadwalan eksisting, maka model dapat dikembangkan. Langkah pertama ialah menentukan variabel keputusan serta parameter. Langkah selanjutnya yaitu menentukan fungsi obyektif dan konstrain. Fungsi obyektif merupakan fungsi minimasi atau maksimasi variabel-variabel keputusan. Untuk model ILP studi kasus penjadwalan *call center*, fungsi obyektifnya ialah meminimalkan total operator yang ditugaskan dalam 24 jam operasional. Jumlah operator yang digunakan dalam setiap *shift* menjadi variabel keputusan. Sedangkan pembatas model (konstrain) model ILP ialah jumlah operator minimum untuk memenuhi panggilan pada setiap interval jam dan kapasitas *call center*. *Running* model menggunakan solver dengan memasukkan model kedalam *microsoft excel*, kemudian menghasilkan jumlah operator pada setiap *shift* untuk memenuhi panggilan yang masuk ke *call center*.

3.4.5 Tahap Verifikasi dan Validasi

Verifikasi dimulai dilakukan dengan melakukan pengecekan input data, pemeriksaan kesesuaian unit satuan, pengecekan kesesuaian model dengan batasan serta asumsi penelitian, *running* model *integer programming* dengan *solver* dan perhitungan manual model ILP yang disederhanakan. Jika langkah-langkah tersebut menunjukkan hasil yang benar, artinya tidak ditemukan error maka model ILP sudah benar. Namun jika ditemukan *error*, maka verifikasi gagal, sehingga model perlu diubah.

Verifikasi yang telah berhasil, akan dilanjutkan dengan validasi. Model dikatakan valid ketika nilai parameter diubah dengan nilai yang solusi optimalnya dapat diprediksi. Jika solusi optimal sesuai dengan prediksi, maka model ILP valid, namun jika berbeda, maka model tidak valid. Nilai parameter yang dimasukkan harus bernilai ekstrim agar solusi optimal mudah diprediksi. Beberapa skenario dapat dilakukan dalam validasi model *integer linear programming*, antara lain :

- Menurunkan nilai panggilan masuk menjadi sangat kecil → model ILP valid jika operator yang dibutuhkan menjadi sangat kecil.
- Meningkatkan nilai panggilan masuk menjadi sangat besar → model ILP valid jika operator yang dibutuhkan menjadi sangat besar.
- Meningkatkan nilai *service rate* sampai titik ekstrim → model ILP valid jika operator yang dibutuhkan menjadi sangat kecil.
- Menurunkan nilai *service rate* sampai titik ekstrim → model ILP valid jika operator yang dibutuhkan menjadi sangat besar.
- Mengurangi nilai utilitas sampai titik ekstrim → model ILP valid jika kebutuhan operator yang ditugaskan berjumlah sangat besar.
- Menambah nilai utilitas sampai titik ekstrim → model ILP valid jika kebutuhan operator yang ditugaskan berjumlah sangat kecil.

Enam skenario tersebut dapat menunjukkan validitas model ILP, jika model ILP valid, maka pengolahan data dapat dilanjutkan ke proses analisis sensitivitas. Namun jika model tidak valid, maka model harus diperbaiki.

3.4.6 Tahap Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan dengan mengubah nilai dari parameter model, sehingga dapat dilihat dampak dari perubahan nilai parameter terhadap solusi optimal. Parameter merupakan input yang tidak dapat dikendalikan (Daellenbach & McNickle, 2005). *Call center* memiliki beberapa parameter, antara lain jumlah panggilan masuk. Nilai parameter diubah untuk menunjukkan kontribusi parameter dalam mempengaruhi total operator yang dibutuhkan. Selain itu, analisis sensitivitas dapat menunjukkan batas perubahan nilai parameter dalam menghasilkan solusi optimal yang sama. Selain mengubah input yang tidak dapat dikendalikan, input yang dapat dikendalikan juga diubah, hal ini untuk mengetahui perubahan solusi optimal jika perusahaan menentukan kebijakan baru.

3.5 Tahap Analisis

Analisis hasil pengolahan data memiliki beberapa perspektif, antara lain analisis terhadap data *outlier* dan penyebabnya, hasil *forecasting* dan faktor-faktor

yang mempengaruhi, analisis beban kerja operator, analisis jadwal yang dihasilkan, implementasi jadwal operator, interval waktu penjadwalan, pembaharuan model, pengaruh pemisahan jadwal *weekend* dan *weekdays*, serta analisis sifat *call center* PLN. Analisis *forecasting* berupa faktor-faktor yang mempengaruhi *forecasting*, misal *trend*, *seasonal* dan random. Analisis beban kerja operator berupa perbandingan beban kerja operator yang dihasilkan dengan beban kerja ideal. Analisis jadwal yang dihasilkan memaparkan tentang perbedaan jadwal eksisting dan jadwal yang dibentuk melalui pemodelan ILP. Analisis pengaruh pemisahan jadwal *weekdays* dan *weekend* menjelaskan keuntungan serta kerugian pemisahan jadwal *weekdays* dan *weekend*. Analisis sifat *call center* merupakan penjelasan kriteria *call center* yang menjadi obyek amatan berdasarkan target performansi *call center*.

3.6 Tahap Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dibuat berdasarkan hasil analisis yang menjawab tujuan penelitian. Dari kesimpulan dapat diketahui pernyataan yang menggambarkan hasil dari pengerjaan penelitian secara umum. Sedangkan saran merupakan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab 4 berisi mengenai data-data yang digunakan dalam melakukan penelitian, serta pengolahan data sesuai langkah-langkah penelitian.

4.1 *Queue Statistics Call center*

Data queue statistics merupakan rekap dari jumlah panggilan yang masuk, jumlah panggilan yang terlayani, *abandon call*, SCR, *handle time* dan SL. Rekap data dilakukan untuk interval satu jam. Pihak *desk control* dari ICON+ bertanggung jawab atas rekap data. *Queue statistics* direkap setiap hari kemudian rekap dalam satu bulan diringkaskan menjadi *queue statistics* bulanan. Tabel 4.1 merupakan contoh *queue statistics* tanggal 1 Desember 2014.

Tabel 4.1 *Queue Statistics* Tanggal 1 Desember 2014

Interval Jam	Jumlah Panggilan Masuk	Jumlah Panggilan Terlayani	<i>Abandon Call</i>	SCR (%)	<i>Handle Time</i>	SL (%)
00:00-01:00	22	22	0	100	176	100
01:00-02:00	27	27	0	100	184	100
02:00-03:00	20	20	0	100	139	100
03:00-04:00	14	14	0	100	144	100
04:00-05:00	39	38	1	97.44	160	100
05:00-06:00	67	55	12	82.09	224	98
06:00-07:00	120	118	2	98.33	222	99
07:00-08:00	158	158	0	100	260	100
08:00-09:00	318	311	7	97.8	311	100
09:00-10:00	273	228	45	83.52	392	97
10:00-11:00	254	230	24	90.55	351	97
11:00-12:00	248	228	20	91.94	378	97
12:00-13:00	240	228	12	95	309	100
13:00-14:00	203	195	8	96.06	301	99
14:00-15:00	237	220	17	92.83	350	98
15:00-16:00	253	238	15	94.07	295	99
16:00-17:00	235	235	0	100	287	100
17:00-18:00	214	210	4	98.13	256	100
18:00-19:00	217	203	14	93.55	245	99

Interval Jam	Jumlah Panggilan Masuk	Jumlah Panggilan Terlayani	<i>Abandon Call</i>	SCR (%)	<i>Handle Time</i>	SL (%)
19:00-20:00	256	216	40	84.38	242	97
20:00-21:00	123	122	1	99.19	243	100
21:00-22:00	80	80	0	100	208	100
22:00-23:00	44	44	0	100	217	100
23:00-00:00	21	21	0	100	204	100
Rata-rata	3683	3461	222	93.97	292	98.88

Queue statistic menunjukkan jumlah panggilan masuk, jumlah panggilan yang terlayani, jumlah panggilan yang tidak terlayani, *success call ratio* (SCR), rata-rata waktu pelayanan dan *service level* (SL) selama satu jam. Performansi yang ditunjukkan oleh *call center* PLN selama 24 jam fluktuatif. Terdapat jam-jam tertentu menunjukkan SCR *call center* menurun dan jumlah panggilan pun menurun.


4.2 Jadwal Operator *Call center*

Jadwal operasional *call center* disusun oleh *desk control* satu bulan sekali, namun jadwal akan dikeluarkan selama satu minggu sekali. Hal tersebut dilakukan untuk mengatasi adanya perubahan pola jumlah panggilan masuk. Pada dasarnya penjadwalan operator *call center* dilakukan dengan cara manual. Masing-masing operator diberi beban kerja selama 22 jam dalam satu bulan sehingga pola jadwal operator ialah jam kerja 9 jam selama 2-3 hari kemudian libur selama 1-2 hari. Selain itu, operator juga dapat mengajukan cuti sesuai jatahnya dan menjalani training. Ketentuan-ketentuan tersebut diatur juga dalam melakukan penjadwalan. Menurut hasil wawancara, *desk control* mengalami kesulitan dalam menggabungkan beberapa informasi mengenai availability operator sehingga jika dilihat dari penjadwalan operator eksisting, perkiraan jumlah panggilan masuk kurang menjadi pertimbangan yang diprioritaskan.

Penjadwalan operator *call center* dipisah menjadi 6 jadwal seperti penjelasan pada subbab 1.1, berikut tabel 4.2 merupakan salah satu contoh dari jadwal operator *call center* eksisting :

Tabel 4.2 Jadwal Operator *call center* eksisting

Nama Operator	Tanggal Operasional																																
	Sn	Sl	Rb	Km	Jm	Sb	Mg	Sn	Sl	Rb	Km	Jm	Sb	Mg	Sn	Sl	Rb	Km	Jm	Sb	Mg	Sn	Sl	Rb	Km	Jm	Sb	Mg	Sn	Sl	Rb		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
Desma H.																																	
Febriansyah W.	G	G	L	B	H	G	L	B	G	L	L	H	G	L	TR2	TR2	B	B	L	B	B	L	G	G	L	CT	CT	CT	L	B	B		
Ary F.	G	L	G	G	L	B	B	G	L	L	B	H	G	G	L	B	G	L	H	G	L	G	B	G	L	H	G	L	B	G	G		
Akhmad R.D.R	L	G	G	G	L	B	G	G	L	B	G	H	G	L	L	B	G	G	H	L	B	B	L	G	G	L	B	B	G	L	B		
Septian Dwi C.																																	
Alkadriansyah	L	B	G	L	H	G	G	L	B	G	L	L	B	G	G	L	TR2	TR2	H	G	L	B	G	L	B	H	G	L	B	G	G		
Yudi Irawan	B	B	B	L	CT	CT	CT	L	B	G	G	L	B	G	G	L	B	G	L	G	G	G	L	B	B	H	L	B	G	L	L		
Jaya Perdana	B	G	L	B	H	L	G	G	L	B	G	L	CT	B	B	G	TR2	TR2	L	B	G	L	B	B	L	H	G	G	G	L	L		
Muhammad F.	G	L	B	G	H	L	B	B	G	L	B	H	L	B	B	G	L	B	H	L	L	G	G	G	G	L	B	G	L	B	G		
shfit B	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2		
shfit G	3	3	3	3	0	2	3	3	2	2	3	0	3	3	2	2	2	0	3	2	3	3	4	2	0	3	2	3	2	3	2	3	
shfit H	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	
shfit D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TR2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CUTI	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	
Libur	2	2	2	2	2	2	1	2	3	3	2	3	1	2	2	2	1	1	3	2	3	2	2	1	3	2	1	2	2	3	2	2	
On duty	3	3	3	3	4	2	3	3	2	2	3	4	3	3	2	2	2	2	4	3	2	3	3	4	2	4	3	2	3	2	3	2	3

L = Libur
 CT = Cuti
 TR2 = Training
 = Team Leader

Jadwal operator *call center* pada tabel 4.2 merupakan jadwal operator *call center* pria yang berlokasi di Palembang. Setiap operator dijadwalkan selama satu bulan. Dalam melaksanakan tugas, operator akan diawasi oleh *team leader* masing-masing sehingga dapat memacu performasi operator dalam melayani pelanggan.

4.3 Jadwal Istirahat Operator *Call center*

Total jam kerja operator *call center* ialah 9 jam, dengan 7.5 jam efektif dan 1 jam 30 menit istirahat. Aktivitas yang dilakukan operator untuk istirahat biasanya berupa sholat, makan, minum dan ke toilet. Jam istirahat dibagi menjadi 4 sesi dengan panjang sesi antara 10-40 menit tergantung pada *shift*. Tabel 4.3 merupakan contoh pembagian jam istirahat operator *call center* untuk *shift* B (08.00-17.00).

Tabel 4.3 Jadwal Istirahat Operator *Call center* pada *Shift* B

<i>Shift</i>	<i>Break</i>			
	15 menit	40 menit	15 menit	20 MENIT
B1	10.00–10.15	12.00–12.40	16.10–16.25	TENTATIF
B2	10.00–10.15	12.00–12.40	16.10–16.25	TENTATIF
B3	10.00–10.15	12.00–12.40	16.10–16.25	TENTATIF
B4	10.00–10.15	12.00–12.40	16.10–16.25	TENTATIF
B5	10.00–10.15	12.00–12.40	16.10–16.25	TENTATIF
B6	10.00–10.15	12.00–12.40	16.10–16.25	TENTATIF
B7	10.00–10.15	12.00–12.40	16.10–16.25	TENTATIF
B8	10.15–10:30	12.40–13:20	16.10–16.25	TENTATIF
B9	10.15–10:30	12.40–13:20	16.25–16:40	TENTATIF
B10	10.15–10:30	12.40–13:20	16.25–16:40	TENTATIF
B11	10.15–10:30	12.40–13:20	16.25–16:40	TENTATIF
B12	10.15–10:30	12.40–13:20	16.25–16:40	TENTATIF
B13	10.15–10:30	12.40–13:20	16.25–16:40	TENTATIF

Tabel 4.3 menunjukkan jam istirahat *shift* B yaitu terbagi menjadi 4 sesi, yaitu 15 menit, 40 menit, 15 menit dan 20 menit. Sesi pertama dibagi menjadi 2 kelompok yaitu jam 10.00-10.15 kelompok pertama, jam 10.15-10.30 kelompok kedua. Sesi kedua dibagi menjadi 2 kelompok

4.4 Screening Data

Tahap pengolahan data membutuhkan data panggilan masuk dan lama pelayanan. Kedua jenis data tersebut akan diolah sesuai dengan metode yang digunakan dalam penelitian. Dalam proses pengolahan data, diperlukan data yang baik atau tidak mengandung data *outlier*. Sedangkan data yang didapatkan masih mengandung data *outlier* sehingga data harus digantikan agar tidak mengganggu hasil proses pengolahan data. Proses deteksi data *outlier* dan pergantian data *outlier* tersebut merupakan proses screening data. Deteksi data *outlier* menggunakan software Minitab 14 dengan data interval $\mu \pm 3\sigma$, artinya jika data melebihi $\mu + 3\sigma$ atau kurang dari $\mu - 3\sigma$ maka data dianggap data *outlier*. Sedangkan pergantian data *outlier* menggunakan rata-rata data yang merepresentasikan data yang digantikan. Proses screening data ini akan diterapkan baik pada data panggilan masuk maupun lama pelayanan.

Sebelum deteksi data *outlier*, data dikelompokkan menjadi data *weekdays* dan *weekend*, kemudian deteksi data *outlier* dilakukan pada sekelompok data dengan interval jam operasional data yang sama. Contohnya tabel 4.4 merupakan data awal jumlah panggilan masuk *weekdays* layanan pengaduan atau belum dilakukan pergantian data *outlier*.

Tabel 4.4 Pola Perbandingan Data untuk Pendeteksian Data *Outlier*

Jumlah Panggilan Masuk (<i>Weekdays</i>)											
Hari	Tanggal	Jam Operasional									
		1	2	3	4	5	6	.....	22	23	24
Senin	1	22	27	20	14	39	67	.....	80	44	21
Selasa	2	51	43	30	20	12	57	.....	67	53	30
Rabu	3	13	7	12	13	38	70	.....	172	52	25
Kamis	4	62	30	6	14	33	57	.....	77	56	54
Jumat	5	33	17	84	29	33	63	.....	189	160	61
Senin	8	36	31	44	25	24	75	.....	80	33	25
Selasa	9	6	6	6	15	44	102	.....	149	85	39
Rabu	10	20	16	18	11	19	53	.....	146	135	217
Kamis	11	197	53	12	6	36	79	.....	70	44	21
Jumat	12	11	10	11	8	12	43	.....	111	80	54

Jumlah Panggilan Masuk (<i>Weekdays</i>)											
Hari	Tanggal	Jam Operasional									
		1	2	3	4	5	6	.....	22	23	24
Senin	15	28	17	13	18	38	49	.....	150	75	39
Selasa	16	16	7	6	7	6	38	.....	141	62	48
Rabu	17	15	15	156	134	29	65	.....	171	124	59
Kamis	18	33	37	14	18	48	76	.....	286	187	136
Jumat	19	85	124	47	28	71	133	.....	133	78	44
Senin	22	13	5	6	36	24	43	.....	165	98	69
Selasa	23	52	36	18	21	20	54	.....	134	67	45
Rabu	24	70	50	31	16	20	56	.....	145	121	73
Kamis	25	16	6	9	11	13	35	.....	120	71	31
Jumat	26	16	16	6	8	32	57	.....	110	87	39
Senin	29	58	46	18	9	36	52	.....	90	58	70
Selasa	30	52	10	23	32	23	39	.....	117	53	20
Rabu	31	56	66	21	15	19	75	.....	89	58	37

 = Data outlier pada iterasi ke-1

Data *outlier* pada iterasi pertama dapat dilihat pada tabel 4.4. data *outlier* akan dilakukan pengantian, kemudian dilakukan iterasi kembali. Sedangkan data *weekend* sama dengan data *weekdays*, data *weekend* juga dikelompokkan menurut interval waktu operasional yang sama. Sehingga didapatkan 8 data untuk masing-masing interval waktu. Tabel 4.5 merupakan data jumlah panggilan masuk layanan pengaduan pelanggan pada *weekend*.

Tabel 4.5 Data Jumlah Panggilan Masuk Layanan Pengaduan Pelanggan pada *Weekend*

Jumlah Panggilan Masuk (<i>Weekend</i>)											
Hari	Tanggal	Jam Operasional									
		1	2	3	4	5	6	.....	22	23	24
Sabtu	6	21	19	13	7	24	53	.....	113	77	20
Minggu	7	24	15	4	7	23	40	.....	259	115	72
Sabtu	13	24	16	5	8	30	40	.....	104	45	33
Minggu	14	39	32	8	8	14	45	.....	77	30	37
Sabtu	20	111	10	15	14	26	48	.....	83	62	118
Minggu	21	123	13	13	11	22	57	.....	95	48	45
Sabtu	27	17	13	14	2	20	52	.....	142	79	59
Minggu	28	16	10	7	57	30	58	.....	118	50	139

 = Data outlier pada iterasi ke-1

Pada data jumlah panggilan masuk *weekdays* layanan pengaduan juga terdapat data *outlier* pada interval waktu 03:00-04:00 pada data ke-8. Data tersebut akan diganti agar dapat digunakan untuk pengolahan data.

Penggantian data *outlier* yaitu dengan rata-rata dari data non-*outlier* dalam hari dan interval yang sama di minggu yang berbeda. Berikut merupakan contoh penggantian data *outlier* jumlah panggilan masuk :

$$\begin{aligned} \text{Kamis (Minggu ke-2, 00:00-01:00)} &= [\text{Kamis (Minggu ke-1, 00:00-01:00)} + \\ &\quad \text{Kamis (Minggu ke-3, 00:00-01:00)} + \\ &\quad \text{Kamis (Minggu ke-4, 00:00-01:00)}] / 3 \end{aligned}$$

$$\text{Kamis (Minggu ke-2, 00:00-01:00)} = (62 + 33 + 16) / 3 = 37$$

Perhitungan diatas merupakan cara penggantian data *outlier*. Data *outlier* yang telah diganti akan kembali dilakukan iterasi untuk mengetahui data *outlier* dari data yang baru, kemudian data yang terdeteksi sebagai *outlier* akan dilakukan penggantian. Iterasi dan penggantian data *outlier* terus dilakukan sampai tidak ada data yang terdeteksi sebagai data *outlier* sehingga diperoleh data non *outlier* sebagai berikut :

Tabel 4.6 Data Non-*outlier* Jumlah Panggilan Masuk Layanan Pengaduan (*Weekdays*)


Jumlah Panggilan Masuk (<i>Weekdays</i>)											
Hari	Tanggal	Jam Operasional									
		1	2	3	4	5	6	.....	22	23	24
Senins	1	22	27	20	14	39	67	.....	80	44	21
Selasa	2	51	43	30	20	12	57	.....	67	53	30
Rabu	3	13	7	12	13	38	70	.....	172	52	25
Kamis	4	62	30	6	14	33	57	.....	77	56	54
Jumat	5	33	17	21	29	33	63	.....	189	160	61
Senin	6	36	31	44	25	24	75	.....	80	33	25
Selasa	7	6	6	6	15	44	102	.....	149	85	39
Rabu	8	20	16	18	11	19	53	.....	146	135	49
Kamis	9	37	53	12	6	36	79	.....	70	44	21
Jumat	10	11	10	11	8	12	43	.....	111	80	54
Senin	11	28	17	13	18	38	49	.....	150	75	39
Selasa	12	16	7	6	7	6	38	.....	141	62	48
Rabu	13	15	15	21	14	29	65	.....	171	124	59

Jumlah Panggilan Masuk (<i>Weekdays</i>)											
Hari	Tanggal	Jam Operasional									
		1	2	3	4	5	6	.....	22	23	24
Kamis	14	33	37	14	18	48	76	.....	89	57	35
Jumat	15	85	14	47	28	71	60	.....	133	78	44
Senin	16	13	5	6	36	24	43	.....	165	98	69
Selasa	17	52	36	18	21	20	54	.....	134	67	45
Rabu	18	70	50	31	16	20	56	.....	145	121	73
Kamis	19	16	6	9	11	13	35	.....	120	71	31
Jumat	20	16	16	6	8	32	57	.....	110	87	39
Senin	21	58	46	18	9	36	52	.....	90	58	70
Selasa	22	52	10	23	32	23	39	.....	117	53	20
Rabu	23	56	66	21	15	19	75	.....	89	58	37

 = Pengganti data outlier pada iterasi ke-1

Tabel 4.7 Data Non-outlier Jumlah Panggilan Masuk Layanan Pengaduan (*Weekend*)

Jumlah Panggilan Masuk (<i>Weekend</i>)											
Hari	Tanggal	Jam Operasional									
		1	2	3	4	5	6	.....	22	23	24
Sabtu	6	21	19	13	7	24	53	.....	113	77	20
Minggu	7	24	15	4	7	23	40	.....	259	115	72
Sabtu	13	24	16	5	8	30	40	.....	104	45	33
Minggu	14	39	32	8	8	14	45	.....	77	30	37
Sabtu	20	111	10	15	14	26	48	.....	83	62	118
Minggu	21	123	13	13	11	22	57	.....	95	48	45
Sabtu	27	17	13	14	2	20	52	.....	142	79	59
Minggu	28	16	10	7	9	30	58	.....	118	50	139

 = Pengganti data outlier pada iterasi ke-1

Data jumlah panggilan masuk layanan PBPD baik *weekdays* maupun *weekend* juga dilakukan deteksi data *outlier* dan penggantian data *outlier*. Selanjutnya ialah data lama pelayanan. Sedikit berbeda dengan data jumlah panggilan masuk, data lama pelayanan tidak dikelompokkan terlebih dahulu berdasarkan *weekdays* dan *weekend* serta interval waktu, namun masih dibedakan dalam jenis layanan (Pengaduan pelanggan dan PBPD). Keseluruhan data selama satu bulan baik *weekend* dan *weekdays* langsung diiterasi sehingga terdapat $24 \times 31 = 744$ data untuk pendeteksian *outlier*. Tabel 4.8 menunjukkan data lama pelayanan *call center* untuk layanan pengaduan.

Tabel 4.8 data lama pelayanan *call center* untuk layanan pengaduan

Lama Pelayanan Pengaduan Pelanggan											
Hari	Tanggal	Jam Operasional									
		1	2	3	4	5	6	.....	22	23	24
Senin	1	176	184	139	144	203	224	.....	208	217	204
Selasa	2	160	217	207	226	198	256	.....	237	231	237
Rabu	3	293	241	252	167	208	246	.....	183	208	223
Kamis	4	178	218	233	194	215	259	.....	214	248	198
Jumat	5	186	174	170	195	211	250	.....	217	198	182
Sabtu	6	258	180	173	255	209	204	.....	201	190	193
Minggu	7	172	203	271	205	178	260	.....	185	172	198
Senin	8	237	159	165	169	186	252	.....	253	244	194
Selasa	9	252	376	213	155	196	244	.....	217	233	233
Rabu	10	269	240	227	194	203	252	.....	217	191	242
Kamis	11	168	147	216	251	211	199	.....	217	260	250
Jumat	12	175	238	282	159	201	289	.....	188	180	190
Sabtu	13	180	214	242	286	221	229	.....	199	202	194
Minggu	14	156	180	182	167	198	215	.....	215	210	180
Senin	15	171	163	158	186	226	272	.....	197	204	184
Selasa	16	182	167	222	370	404	227	.....	207	231	199
Rabu	17	204	186	156	159	223	250	.....	200	201	186
Kamis	18	216	214	200	596	204	230	.....	200	200	195
Jumat	19	185	170	212	210	203	220	.....	213	186	227
Sabtu	20	201	278	166	190	231	271	.....	216	212	184
Minggu	21	205	224	228	230	219	251	.....	229	197	189
Senin	22	205	223	211	154	195	291	.....	197	198	205
Selasa	23	212	176	199	258	188	228	.....	225	219	208
Rabu	24	198	168	160	186	228	216	.....	208	199	194
Kamis	25	222	246	220	370	234	249	.....	198	201	238
Jumat	26	198	226	252	249	188	236	.....	214	208	218
Sabtu	27	188	219	194	596	186	216	.....	200	210	199
Minggu	28	204	222	162	173	196	201	.....	206	200	182
Senin	29	185	182	200	248	203	224	.....	232	219	183
Selasa	30	157	207	186	161	183	213	.....	208	225	191
Rabu	31	208	190	166	182	207	222	.....	204	221	185



= Data outlier pada iterasi ke-1

Tabel 4.8 menunjukkan hasil iterasi deteksi data *outlier* yang pertama. Data *outlier* kemudian diganti dengan rata-rata data non-*outlier* yang mengapit

data *outlier* tersebut, misalkan data hari selasa minggu ke-3, jam 04:00-05:00 merupakan data *outlier* sehingga digantikan oleh rata-rata data hari rabu dan senin diinterval jam yang sama, berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 \text{Selasa (Minggu ke-3, 04:00-05:00)} &= [\text{Senin (Minggu ke-3, 04:00-05:00)} + \text{Rabu} \\
 &\quad (\text{Minggu ke-3, 04:00-05:00})] / 2 \\
 &= (226 + 223) / 2 \\
 &= 224.5 \sim 225
 \end{aligned}$$

Deteksi data *outlier* dan penggantian data *outlier* terus dilakukan hingga tidak ada data *outlier* sehingga dapat digunakan dalam proses pengolahan data selanjutnya. Tabel 4.9 merupakan data lama pelayanan *call center* untuk layanan pengaduan pelanggan.

Tabel 4.9 Data Lama Pelayanan *Call center* Untuk Layanan Pengaduan Pelanggan

Lama Pelayanan Pengaduan Pelanggan											
Hari	Tanggal	Jam Operasional									
		1	2	3	4	5	6	.....	22	23	24
Senin	1	176	184	192	201	201	224	.....	208	217	204
Selasa	2	216	217	207	226	198	256	.....	237	231	237
Rabu	3	293	241	252	210	208	246	.....	183	208	223
Kamis	4	178	218	233	194	215	259	.....	214	248	198
Jumat	5	186	174	203	195	211	250	.....	217	198	182
Sabtu	6	258	180	173	255	209	204	.....	201	190	193
Minggu	7	172	203	271	205	178	260	.....	185	172	198
Senin	8	237	197	242	219	186	252	.....	253	244	194
Selasa	9	252	192	213	233	196	244	.....	217	233	233
Rabu	10	269	240	227	194	203	252	.....	217	191	242
Kamis	11	222	226	216	251	211	199	.....	217	260	250
Jumat	12	175	238	282	218	201	289	.....	188	180	190
Sabtu	13	180	214	242	286	221	229	.....	199	202	194
Minggu	14	194	180	182	236	198	215	.....	215	210	180
Senin	15	171	197	192	186	226	272	.....	197	204	184
Selasa	16	182	192	222	213	225	227	.....	207	231	199
Rabu	17	204	186	215	183	223	250	.....	200	201	186
Kamis	18	216	214	200	218	204	230	.....	200	200	195
Jumat	19	185	246	212	210	203	220	.....	213	186	227
Sabtu	20	201	278	220	190	231	271	.....	216	212	184
Minggu	21	205	224	228	230	219	251	.....	229	197	189

Lama Pelayanan Pengaduan Pelanggan											
Hari	Tanggal	Jam Operasional									
		1	2	3	4	5	6	.....	22	23	24
Senin	22	205	223	211	201	195	291	.....	197	198	205
Selasa	23	212	176	199	258	188	228	.....	225	219	208
Rabu	24	198	211	215	186	228	216	.....	208	199	194
Kamis	25	222	246	220	221	234	249	.....	198	201	238
Jumat	26	198	226	252	249	188	236	.....	214	208	218
Sabtu	27	188	219	194	183	186	216	.....	200	210	199
Minggu	28	204	222	227	173	196	201	.....	206	200	182
Senin	29	185	182	200	248	203	224	.....	232	219	183
Selasa	30	216	207	186	233	183	213	.....	208	225	191
Rabu	31	208	190	194	182	207	222	.....	204	221	185

■ = Pengganti data outlier pada iterasi ke-1

Proses deteksi data *outlier* dan penggantinya juga dilakukan pada data lama pelayanan PBPd dengan cara yang sama. Data-data non-*outlier* dapat langsung digunakan untuk pengolahan data selanjutnya yaitu perhitungan operator *call center* yang dibutuhkan.

4.5 Peramalan (*Forecasting*) Jumlah Panggilan Masuk

Peramalan atau *forecasting* jumlah panggilan masuk dilakukan untuk melakukan penjadwalan operator pada periode mendatang. Panggilan masuk merupakan input *uncontrollable* dalam proses penjadwalan sehingga perlu dilakukan *forecasting* agar hasil penjadwalan dapat melayani jumlah panggilan masuk yang sebenarnya.

Forecasting jumlah panggilan masuk dilakukan untuk layanan pengaduan pelanggan dan PBPd pada hari operasional *weekend* maupun *weekdays*. Pola peramalan dilakukan pada data dengan interval jam yang sama. Metode untuk peramalan menggunakan rata-rata panggilan masuk untuk 24 jam dalam satu bulan. Hasil peramalan dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Peramalan Panggilan Masuk

Jam	Layanan			
	Pengaduan Pelanggan		PBPD	
	<i>Weekdays</i>	<i>Weekend</i>	<i>Weekdays</i>	<i>Weekend</i>
1	801	375	170	49
2	565	128	64	21
3	413	79	66	18
4	388	66	55	18
5	669	189	157	31
6	1365	393	391	109
7	2398	796	969	237
8	3471	1058	1843	376
9	6036	1465	2841	453
10	6304	1913	3626	528
11	6057	1988	3809	551
12	5617	1745	2975	428
13	5059	1632	2771	403
14	5488	1627	2745	392
15	5531	1662	2288	326
16	5493	1783	1553	295
17	6226	1804	1362	275
18	6253	2115	1813	368
19	6462	2188	1903	381
20	5163	1701	1591	337
21	3988	1261	987	236
22	2795	991	538	150
23	1751	±506	261	68
24	988	523	138	56

Hasil peramalan untuk masing-masing layanan dilakukan berupa jumlah panggilan masuk untuk 24 interval jam operasional saja. Peramalan menggunakan metode rata-rata karena data untuk masing-masing interval waktu memiliki pola konstan sehingga sesuai dengan penjelasan pada subbab 2.2 mengenai *forecasting* bahwa meramalkan data yang berpola konstan, cukup dengan rata-rata sederhana.

4.6 Perhitungan Operator *Call center* yang Dibutuhkan

Perhitungan operator *call center* yang dibutuhkan menggunakan rumus antrian seperti pada subbab 2.4 teori antrian. Variabel yang dibutuhkan untuk

perhitungan keperluan operator ialah *arrival rate*, *service rate* dan utilitas. *Arrival rate* diperoleh dari data panggilan masuk non-outlier. Setiap interval waktu, jumlah panggilan masuk dirata-rata sehingga diperoleh 24 data rata-rata panggilan masuk (*arrival rate*) pada setiap kategori. Subbab 2.4.2 menjelaskan bahwa model antrian untuk call center yang paling dasar ialah M/M/s, maksud dari model tersebut ialah single skill call center dengan s operator, kedatangan panggilan yang berdistribusi poisson dan service rate yang bernilai konstan (Ger & Mandelbaum, 2001), sehingga *service rate* dapat diperoleh dari rumus berikut :

$$\text{Service Rate} = 3600 / \text{Rata-rata Lama Pelayanan} \quad (4.1)$$

Sehingga didapatkan layanan pengaduan memiliki *service rate* 15, artinya dalam interval waktu satu jam operator dapat melayani 15 panggilan masuk, sedangkan layanan PBPD memiliki *service rate* sebanyak 10 atau 10 panggilan dapat dilayani operator PBPD. Setelah diketahui nilai variabel *service rate*, selanjutnya ialah utilitas, nilai variabel utilitas ialah 0.96 atau 96%. Perhitungan kebutuhan operator dimulai dari layanan pengaduan untuk waktu operasional *weekdays*, hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Operator yang dibutuhkan Layanan Pengaduan *Weekdays*

Layanan Pengaduan-Weekdays				
Jam	Arrival	Arrival Rate	Service rate	Operator yang dibutuhkan (n)
1	801	35	15	3
2	565	25	15	2
3	413	18	15	2
4	388	17	15	2
5	669	30	15	3
6	1365	60	15	5
7	2398	105	15	8
8	3471	151	15	11
9	6036	263	15	19
10	6304	275	15	20
11	6057	264	15	19
12	5617	245	15	18
13	5059	220	15	16

Layanan Pengaduan-Weekdays				
Jam	Arrival	Arrival Rate	Service rate	Operator yang dibutuhkan (n)
14	5488	239	15	17
15	5531	241	15	17
16	5493	239	15	17
17	6226	271	15	19
18	6253	272	15	19
19	6462	281	15	20
20	5163	225	15	16
21	3988	174	15	13
22	2795	122	15	9
23	1751	77	15	6
24	988	43	15	3

Tabel 4.11 menunjukkan bahwa jumlah operator yang dibutuhkan untuk layanan pengaduan pada *weekdays* mengalami peningkatan mulai dari pukul 05:00 hingga 10:00, kemudian mengalami penurunan kembali sampai pukul 13:00. Peningkatan kembali terjadi pada pukul 14:00 hingga pukul 19:00, setelah itu mengalami penurunan kembali. Perhitungan kebutuhan operator berikutnya ialah layanan pengaduan pelanggan untuk operasional *weekend*, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Operator yang dibutuhkan Layanan Pengaduan *Weekend*

Layanan Pengaduan-Weekend				
Jam	Arrival	Arrival Rate	Service rate	Operator yang dibutuhkan (n)
1	375	47	15	4
2	128	16	15	2
3	79	10	15	1
4	66	9	15	1
5	189	24	15	2
6	393	50	15	4
7	796	100	15	7

Layanan Pengaduan-<i>Weekend</i>				
Jam	<i>Arrival</i>	<i>Arrival Rate</i>	<i>Service rate</i>	Operator yang dibutuhkan (n)
8	1058	133	15	10
9	1465	184	15	13
10	1913	240	15	17
11	1988	249	15	18
12	1745	219	15	16
13	1632	204	15	15
14	1627	204	15	15
15	1662	208	15	15
16	1783	223	15	16
17	1804	226	15	16
18	2115	265	15	19
19	2188	274	15	20
20	1701	213	15	15
21	1261	158	15	11
22	991	124	15	9
23	506	64	15	5
24	523	66	15	5

Layanan pengaduan operasional *weekend* menunjukkan bahwa kebutuhan operator paling tinggi mulai meningkat pada pukul 05:00 sampai pukul 11:00, kemudian menurun hingga pukul 15:00. Kebutuhan operator kembali meningkat mulai pukul 16:00 sampai pukul 19:00 dan pada jam berikutnya kembali menurun. Perhitungan selanjutnya ialah layanan PBPD untuk hari operasional *weekdays*, hasil pertungan terdapat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Operator yang dibutuhkan Layanan PBPD *Weekdays*

Layanan PBPD-<i>Weekdays</i>				
Jam	<i>Arrival</i>	<i>Arrival Rate</i>	<i>Service rate</i>	Operator yang dibutuhkan (n)
1	170	8	10	1
2	64	3	10	1

Layanan PBPD-Weekdays				
Jam	Arrival	Arrival Rate	Service rate	Operator yang dibutuhkan (n)
3	66	3	10	1
4	55	3	10	1
5	157	7	10	1
6	391	17	10	2
7	969	43	10	5
8	1843	81	10	9
9	2841	124	10	13
10	3626	158	10	17
11	3809	166	10	18
12	2975	130	10	14
13	2771	121	10	13
14	2745	120	10	13
15	2288	100	10	11
16	1553	68	10	8
17	1362	60	10	7
18	1813	79	10	9
19	1903	83	10	9
20	1591	70	10	8
21	987	43	10	5
22	538	24	10	3
23	261	12	10	2
24	138	6	10	1

Kebutuhan operator untuk layanan PBPD *weekdays* mengalami peningkatan mulai dari pukul 06:00 sampai pukul 11:00 kebutuhannya mencapai 18 operator, kemudian meningkat kembali pukul 18:00 dan menurun kembali pada jam berikutnya. Perhitungan yang kebutuhan yang terakhir ialah layanan PBPD untuk hari operasional *weekend*, hasilnya terdapat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Operator yang dibutuhkan Layanan PBPD *Weekend*

Layanan PBPD-Weekend				
Jam	Arrival	Arrival Rate	Service rate	Operator yang dibutuhkan (n)
1	49	7	10	1
2	21	3	10	1
3	18	3	10	1
4	18	3	10	1
5	31	4	10	1
6	109	14	10	2
7	237	30	10	4
8	376	47	10	5
9	453	57	10	6
10	528	66	10	7
11	551	69	10	8
12	428	54	10	6
13	403	51	10	6
14	392	49	10	6
15	326	41	10	5
16	295	37	10	4
17	275	35	10	4
18	368	46	10	5
19	381	48	10	5
20	337	43	10	5
21	236	30	10	4
22	150	19	10	2
23	68	9	10	1
24	56	7	10	1

Pada saat *weekend* layanan PBPD cenderung lebih sedikit kebutuhannya dan fluktuatif. Klimaks dari kebutuhan operator terdapat pada pukul 11:00 yaitu 8 operator, setelahnya kebutuhan operator menurun. Hasil perhitungan kebutuhan operator selanjutnya digunakan dalam dasar penyusunan model *integer linear programming* pada subbab 4.7.

4.7 Model Integer Linear Programming (ILP)

Model *integer linear programming* berasal penelitian sebelumnya, namun perbedaannya terletak pada adanya pembagian waktu istirahat, sehingga model ILP diubah sebagai berikut :

- *Minimize* :
- *Constrain* :

$$Z = \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^G x_{ij} \quad (4.2)$$

$$\sum_{i \in A_t} \sum_{j \in B_t} x_{ij} \geq n_t \quad (4.3)$$

$$\sum_{i \in A_t} \sum_{j \in B_t} x_{ij} \leq C \quad (4.4)$$

$$x_{ij} = \text{Integer} \quad (4.5)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (4.6)$$

- Notasi

S = Jumlah *shift*

G = Jumlah Kelompok istirahat

x_{ij} = Jumlah Operator pada *shift* i kelompok j

n_t = Operator yang dibutuhkan pada *interval waktu* t

A_t = Kumpulan *Shift* pada interval waktu t

B_t = Kelompok pada interval waktu t

C = Kapasitas *Call center* (63 Operator)

Fungsi objektif model ILP menunjukkan bahwa decision variabel memiliki 2 indeks, indeks i merupakan *shift* sedangkan indeks j merupakan kelompok istirahat. Batas dari jumlah indeks I ditunjukkan oleh S atau jumlah *shift*, sedangkan batas dari indeks I ialah G atau jumlah kelompok istirahat pada masing-masing *shift*. Adanya jam istirahat, membuat konstrain 4.2 menunjukkan 2 tipe operator *on duty*, tipe pertama ialah operator dengan *shift* yang tidak beristirahat pada waktu t, tipe kedua ialah operator dengan *shift* yang beristirahat pada interval waktu t, namun dalam waktu t tersebut kelompoknya tidak beristirahat. Model ILP akan diterapkan pada aturan *shift* eksisting dan jadwal

istirahat eksisting, *shift* eksisting dan jadwal istirahat rekomendasi, serta *shift* rekomendasi dan jadwal istirahat rekomendasi.

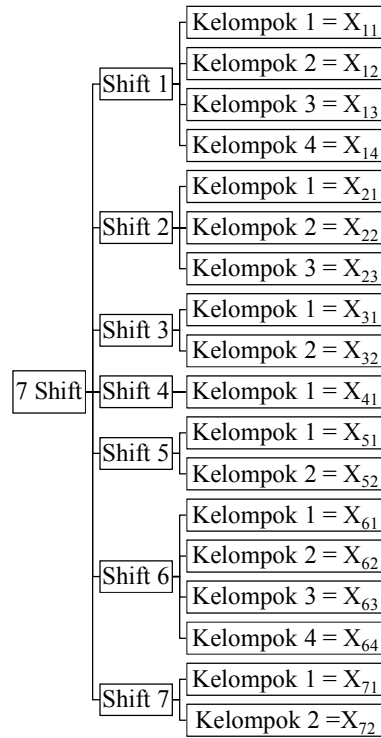
4.7.1 *Shift* Eksisting dan Aturan Jam Istirahat Eksisting

Kondisi eksisting *call center* PLN ialah menggunakan 7 *shift* dengan jadwal sebagai berikut :

Tabel 4.15 Jadwal Eksisting Operator *Call center*

<i>Shift/</i> Jam Kerja	Kelompok Istirahat	<i>Break</i>			
		15 Menit	40 Menit	15 Menit	20 Menit
X/ 06:00-15:00	Kelompok 1	08:00-08:15	10:30-11:10	13:40-13:55	Tentatif
	Kelompok 2	08:15-08:30	11:10-11:50	13:55-14:10	Tentatif
	Kelompok 3	08:30-08:45	11:50-12:30	14:10-14:25	Tentatif
	Kelompok 4	08:45-09:00	12:30-13:10	14:25-14:40	Tentatif
Durasi		15 Menit	40 Menit	15 Menit	20 Menit
A/ 07:00-16:00	Kelompok 1	09:00-09:15	12:10-12:50	14:25-14:40	Tentatif
	Kelompok 2	09:15-09:30	12:50-13:30	14:40-14:55	Tentatif
	Kelompok 3	09:30-09:45	13:30-14:10	14:55-15:10	Tentatif
Durasi		15 Menit	40 Menit	15 Menit	20 Menit
B/ 08:00-17:00	Kelompok 1	10:00-10:15	12:00-12:40	16:10-16:25	Tentatif
	Kelompok 2	10:15-10:30	12:50-13:30	15:10-15:25	Tentatif
Durasi		40 Menit	15 Menit	15 Menit	20 Menit
E 11:00-20:00	Kelompok 1	13:00-13:40	14:55-15:10	16:30-16:45	Tentatif
Durasi		40 Menit	15 Menit	20 Menit	15 Menit
G/ 13:00-22:00	Kelompok 1	13:20-13:35	14:45-15:25	19:30-19:45	Tentatif
	Kelompok 2	13:35-13:50	15:25-16:05	19:45-20:00	Tentatif
Durasi		20 Menit	35 Menit	15 Menit	20 Menit
I/ 15:00-00:00	Kelompok 1	15:25-15:45	18:50-19:25	21:00-21:15	Tentatif
	Kelompok 2	15:45-16:05	19:25-20:00	21:15-21:30	Tentatif
	Kelompok 3	16:05-16:25	20:00-20:35	21:30-21:45	Tentatif
	Kelompok 4	16:25-16:40	20:35-21:10	21:45-22:00	Tentatif
Durasi		15 Menit	40 Menit	15 Menit	20 Menit
P/ 22:00-07:00	Kelompok 1	00:00-00:15	02:00-02:40	04:00-04:15	Tentatif
	Kelompok 2	00:15-00:30	02:40-03:20	04:15-04:30	Tentatif

Jadwal pada tabel 4.15 dan kebutuhan operator pada subbab 4.6 merupakan dasar penyusunan model ILP. Jika dilihat dari jadwal *call center*, variabel keputusan ialah sebagai berikut :



Gambar 4.1 Pembagian Kelompok Istirahat Operator

Gambar 4.1 menunjukkan terdapat 18 variabel keputusan sehingga fungsi objektif menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{31} + X_{32} + X_{41} + X_{51} \\ & + X_{52} + X_{61} + X_{62} + X_{63} + X_{64} + X_{71} + X_{72} \end{aligned}$$

Persamaan diatas juga menggunakan konstrain dalam perhitungan nilai Z. konstrain model ILP menggambarkan bahwa jumlah operator *on duty* pada interval waktu t harus lebih besar atau sama dengan kebutuhan operator pada interval waktu, hari operasional dan jenis layanan yang sama. Contoh penyusunan konstrain tersebut ialah pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Jadwal Operator Eksisting Interval Waktu 10:00-11:00

Shift	Break ke-	10:00 - 10:05	10:05 - 10:10	10:10 - 10:15	10:15 - 10:20	10:20 - 10:25	10:25 - 10:30	10:30 - 10:35	10:35 - 10:40	10:40 - 10:45	10:45 - 10:50	10:50 - 10:55	10:55 - 11:00
1	Break 1												
	Break 2							1	1	1	1	1	1
	Break 3												
	Break 4												
2	Break 1												
	Break 2												
	Break 3												
	Break 4												
3	Break 1	1	1	1	2	2	2						
	Break 2												
	Break 3												
	Break 4												
...	Break 1												
	Break 2												
	Break 3												
	Break 4												
7	Break 1												
	Break 2												
	Break 3												
	Break 4												

atau = Jam Efektif
 = Jadwal Kelompok Istirahat 1 break
 = Jadwal Kelompok Istirahat 2 break

Pada tabel 4.16 menunjukkan interval waktu dari 10:00 hingga 11:00, dari interval waktu ini terbentuk 3 konstrain sesuai dengan pembagian kondisi operator *on duty* dengan border merah, berikut penjelasannya :

1. Pukul 10:00-10:15 → Operator *shift* 1 dan *shift* 2 untuk semua kelompok istirahat tidak ada jadwal *break* sehingga kedua *shift* memiliki formasi penuh yaitu x_{11} , x_{12} , x_{13} , x_{14} , x_{21} , x_{22} dan x_{23} . Sedangkan *shift* 3, operator kelompok istirahat 1 (x_{31}) keluar untuk *break* sehingga operator *on duty* dari *shift* 3 ialah x_{32} . Dari kondisi tersebut terbentuk konstrain :

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{32} \geq 19$$

Konstrain untuk kapasitasnya,

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{32} \leq 63$$

2. Pukul 10:15-10:30 → Operator *shift* 1 dan *shift* 2 masih memiliki formasi penuh yaitu x_{11} , x_{12} , x_{13} , x_{14} , x_{21} , x_{22} dan x_{23} . Sedangkan *shift* 3, operator kelompok istirahat 2 (x_{32}) saatnya *break* sehingga operator on duty dari *shift* 3 ialah x_{31} . Konstrain yang terbentuk ialah :

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{31} \geq 19$$

Konstrain untuk kapasitasnya,

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{31} \leq 63$$

3. Pukul 10:30-11:00 → Pada interval waktu ini operator *shift* 1 kelompok istirahat 1 (x_{11}) keluar untuk *break* sehingga operator on duty dari *shift* 1 ialah x_{12} , x_{13} dan x_{14} . *Shift* 2 dan *shift* 3 tidak ada jadwal *break* sehingga memiliki formasi penuh yaitu x_{21} , x_{22} , x_{23} , x_{31} dan x_{32} . Dari kondisi tersebut terbentuk konstrain

$$x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{31} + x_{32} \geq 19$$

Konstrain untuk kapasitasnya,

$$x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{31} + x_{32} \leq 63$$

Model ILP dengan fungsi objektif dan konstrain yang telah jelaskan kemudian di-*running* dengan *Microsoft excel solver*. Tabel 4.17 merupakan hasil *running solver* untuk layanan pengaduan pelanggan hari operasional *weekdays*.

Tabel 4.17 Solusi Optimal Layanan Pengaduan Operasional *Weekdays*

Jadwal Baru								
Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja		Jumlah Operator yang ditugaskan				Total
		Mulai	Selesai	Sesi 1	Sesi 2	Sesi 3	Sesi 4	
Shift Pagi	1/X	6:00	15:00	1	0	7	0	8
	2/A	7:00	16:00	5	0	0	0	5
	3/B	8:00	17:00	7	6	0	0	13
	4/E	11:00	20:00	9	0	0	0	9
Shift Malam	5/G	13:00	22:00	2	2	0	0	4
	6/I	15:00	0:00	8	1	6	0	15
	7/P	22:00	7:00	3	3	0	0	6
Total								60

Jenis layanan pengaduan pelanggan untuk hari operasional *weekdays* membutuhkan 60 operator dalam satu hari. Hasil dari *running solver*

menunjukkan bahwa tidak semua kelompok istirahat masing-masing *shift* digunakan, misalnya pada *shift* 1 kelompok istirahat 2 dan 4 tidak digunakan, artinya jadwal istirahat untuk kelompok 2 dan 4 di *shift* 1 tidak digunakan. Selain *shift* 1, *shift* 2 juga hanya menggunakan kelompok istirahat 1 dan *shift* 6 menggunakan kelompok istirahat 1 sampai 3 saja. *Shift* dengan anggota paling tinggi ialah pada *shift* 6 sebanyak 15 orang, sedangkan *shift* dengan anggota paling sedikit ialah *shift* 2 sebanyak 5 orang. Hasil *running solver* selanjutnya layanan pengaduan pelanggan untuk hari operasional *weekend* dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Solusi Optimal Layanan Pengaduan Operasional *Weekend*

Jadwal Baru								
Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja		Jumlah Oprator yang ditugaskan				Total
		Mulai	Selesai	Sesi 1	Sesi 2	Sesi 3	Sesi 4	
Shift Pagi	1/X	6:00	15:00	0	0	10	0	10
	2/A	7:00	16:00	0	6	0	0	6
	3/B	8:00	17:00	3	4	0	0	7
	4/E	11:00	20:00	5	0	0	0	5
Shift Malam	5/G	13:00	22:00	0	2	0	0	2
	6/I	15:00	0:00	4	2	8	3	17
	7/P	22:00	7:00	4	4	0	0	8
Total								55

Layanan pengaduan pelanggan untuk hari operasional *weekend* membutuhkan 55 operator dalam satu hari dan tidak semua kelompok istirahat masing-masing *shift* digunakan. *Shift* 1 hanya kelompok 3 yang digunakan, artinya selain jadwal istirahat untuk kelompok 3 tidak digunakan. Selain itu *shift* 2 dan *shift* 5 juga hanya menggunakan kelompok istirahat 2 saja. *Shift* dengan anggota paling banyak ialah pada *shift* 6 sebanyak 17 orang, sedangkan *shift* dengan anggota paling sedikit ialah *shift* 5 sebanyak 2 orang. Berikutnya ialah hasil *running model ILP* dengan data layanan PBPD untuk hari operasional *weekdays* pada tabel 4.19.

Tabel 4.19 Solusi Optimal Layanan PBPD Operasional *Weekend*

Jadwal Baru								
Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja		Jumlah Oprator yang ditugaskan				Total
		Mulai	Selesai	Sesi 1	Sesi 2	Sesi 3	Sesi 4	
Shift Pagi	1/X	6:00	15:00	0	2	8	0	10
	2/A	7:00	16:00	2	4	0	0	6
	3/B	8:00	17:00	3	2	0	0	5
	4/E	11:00	20:00	5	0	0	0	5
Shift Malam	5/G	13:00	22:00	0	0	0	0	0
	6/I	15:00	0:00	4	0	3	1	8
	7/P	22:00	7:00	1	1	0	0	2
Total								36

Panggilan masuk yang cenderung lebih sedikit, layanan PBPD pelanggan untuk hari operasional *weekdays* membutuhkan 36 operator dalam satu hari. Hasil dari running solver menunjukkan bahwa *shift* 5 tidak digunakan, *shift* 1 hanya menggunakan kelompok istirahat 2 dan 3, *shift* 2 hanya menggunakan kelompok istirahat 1 dan 2, sedangkan *shift* 6 hanya menggunakan kelompok istirahat 1, 3, dan 4. *Shift* 1 memiliki anggota paling banyak, yaitu 10 orang, sedangkan anggota paling sedikit oada *shift* 7 sebanyak 2 orang. Hasil model ILP yang terakhir ialah layanan PBPD pada hari operasional *weekend*.

Tabel 4.20 Solusi Optimal Layanan PBPD Operasional *Weekend*

Jadwal Baru								
Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja		Jumlah Oprator yang ditugaskan				Total
		Mulai	Selesai	Sesi 1	Sesi 2	Sesi 3	Sesi 4	
Shift Pagi	1/X	6:00	15:00	1	0	6	0	7
	2/A	7:00	16:00	0	5	0	0	5
	3/B	8:00	17:00	0	0	0	0	0
	4/E	11:00	20:00	0	0	0	0	0
Shift Malam	5/G	13:00	22:00	0	0	0	0	0
	6/I	15:00	0:00	1	1	2	2	6
	7/P	22:00	7:00	1	1	0	0	2
Total								20

Layanan PBPD untuk hari operasional *weekend* memang membutuhkan paling sedikit operator, yaitu 20 orang dalam satu hari. Hasil dari *running* solver

menunjukkan bahwa *shift* yang digunakan hanya *shift* 1 dengan kelompok istirahat 1 dan 3, *shift* 2 dengan kelompok istirahat 2, *shift* 6 dengan kelompok istirahat 1, 2, 3 dan 4, serta *shift* 7 dengan kelompok istirahat 1 dan 2. *Shift* dengan anggota paling tinggi ialah pada *shift* 1 sebanyak 7 orang, sedangkan *shift* dengan anggota paling sedikit ialah *shift* 7 sebanyak 2 orang.

4.7.2 *Shift* Eksisting dan Aturan Jam Istirahat Rekomendasi

Jadwal istirahat eksisting memiliki kekurangan berupa perbedaan durasi setiap sesi, misalnya terdapat durasi istirahat 1 selama 20 menit, istirahat 2 selama 35 menit, istirahat 3 selama 20 menit dan istirahat 4 selama 15 menit, selain itu terdapat juga durasi istirahat 1 selama 15 menit, istirahat 2 selama 40 menit, istirahat 3 selama 15 menit dan istirahat 4 selama 20 menit. Tentunya hal tersebut akan memberikan dampak pada kinerja operator *call center* sehingga dalam penelitian ini, disusun jadwal istirahat rekomendasi pada tabel 4.21.

Tabel 4.21 Jadwal Istirahat Rekomendasi

<i>Shift</i>	Istirahat 1				Istirahat 2				Istirahat 3			
	Sesi 1 (Kelompok A)		Sesi 2 (Kelompok B)		Sesi 1 (Kelompok A)		Sesi 2 (Kelompok B)		Sesi 1 (Kelompok A)		Sesi 2 (Kelompok B)	
	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai
1	9:00	9:30	9:30	10:00	12:00	12:30	12:30	13:00	14:00	14:30	14:30	15:00
2	9:00	9:30	9:30	10:00	12:00	12:30	12:30	13:00	15:00	15:30	15:30	16:00
3	10:00	10:30	10:30	11:00	13:00	13:30	13:30	14:00	16:00	16:30	16:30	17:00
4	13:00	13:30	13:30	14:00	16:00	16:30	16:30	17:00	18:00	18:30	18:30	19:00
5	15:00	15:30	15:30	16:00	18:00	18:30	18:30	19:00	21:00	21:30	21:30	22:00
6	16:00	16:30	16:30	17:00	18:00	18:30	18:30	19:00	23:00	23:30	23:30	0:00
7	0:00	0:30	0:30	1:00	3:00	3:30	3:30	4:00	6:00	6:30	6:30	7:00

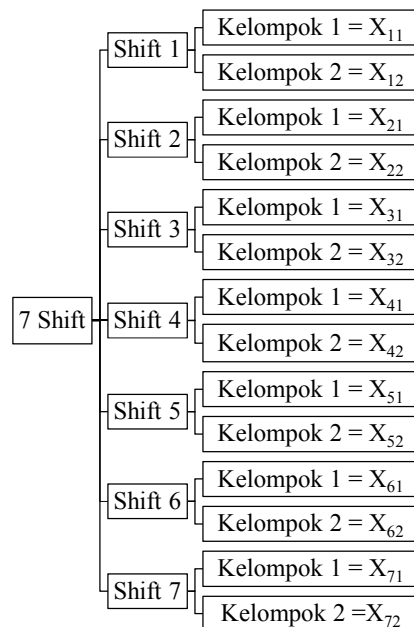
Jadwal istirahat rekomendasi membagi total jam istirahat menjadi 3, masing masing selama 30 menit dengan interval waktu antar istirahat 1 sampai 3.5 jam. Penentuan waktu istirahat juga mempertimbangkan jadwal sholat sehingga masing-masing operator memiliki waktu yang cukup untuk melaksanakan ibadah. Berikut merupakan slot jadwal operator *call center*.

Tabel 4.22 Slot jadwal Operator

Shift	Jam Operasional																							
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	n11	n12	n13	n14	n15	n16	n17	n18	n19	n20	n21	n22	n23	n24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1							1			1		1	1	1	1									
2								2		2		2	2	2	2	2								
3									3		3		3	3	3	3	3							
4												4	4	4	4	4	4	4	4	4				
5															5	5	5	5	5	5	5	5		
6																	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7																7	7

atau = Jam Efektif
 = Jam Istirahat kelompok istirahat 1 dan 2 (masing-masing 30 menit)

Slot jadwal pada tabel 4.22 jika diubah dalam bentuk model ILP, pada dasarnya memiliki prinsip yang sama dengan menggunakan jadwal istirahat eksisting. Model ILP dimulai dengan menentukan variabel keputusan, berikut variabel keputusan berdasarkan *shift* dan kelompok istirahat :



Gambar 4.2 Pembagian Kelompok Istirahat Rekomendasi

Variabel keputusan dari bagan 4.2 merupakan bagian dari fungsi objektif model ILP. Berikut merupakan fungsi objektif model ILP untuk *shift* eksisting dan jadwal istirahat rekomendasi :

$$\text{Min } Z = X_{1\ 1} + X_{1\ 2} + X_{2\ 1} + X_{2\ 2} + X_{3\ 1} + X_{3\ 2} + X_{4\ 1} + X_{4\ 2} + X_{5\ 1} + X_{5\ 2} + X_{6\ 1} + X_{6\ 2} \\ + X_{7\ 1} + X_{7\ 2}$$

Setelah menentukan fungsi objektif, selanjutnya ialah menentukan konstrain. Konstrain pertama ialah operator *on duty* harus lebih besar sama dengan kebutuhan operator. Contoh penentuan konstrain untuk interval waktu 06:00-07:00 layanan pengaduan pelanggan *weekdays* ialah sebagai berikut :

1. Pukul 06:00-06:30 → *Shift* 1 tidak ada jadwal istirahat sehingga seluruh anggota *shift* 1 ($x_{1\ 1}$ dan $x_{1\ 2}$) merupakan operator on duty, sedangkan *shift* 7 ada jadwal istirahat, yaitu *shift* 7 kelompok istirahat 1 atau $x_{7\ 1}$ (karena 30 menit pertama). Konstrain yang terbentuk :

- $x_{1\ 1} + x_{1\ 2} + x_{7\ 2} \geq 8$
- $x_{1\ 1} + x_{1\ 2} + x_{7\ 2} \leq 63$

2. Pukul 06:30-07:00 → *Shift* 1 tetap penuh ($x_{1\ 1}$ dan $x_{1\ 2}$). *Shift* 7 kelompok 1 ($x_{7\ 1}$) selesai istirahat dan bekerja kembali, namun kelompok 2 ($x_{7\ 2}$) keluar untuk istirahat.

- $x_{1\ 1} + x_{1\ 2} + x_{7\ 1} \geq 8$
- $x_{1\ 1} + x_{1\ 2} + x_{7\ 1} \leq 63$

Model ILP yang telah tersusun, kemudian diselesaikan dengan *software* solver. Data yang menjadi input ialah data layanan pengaduan pelanggan untuk operasional *weekdays* dan *weekend*, serta layanan PBPD untuk hari operasional *weekdays* dan *weekend*.

Hasil penyelesaian model ILP yang pertama ialah pada tabel 4.23 yaitu layanan pengaduan pelanggan untuk hari operasional *weekdays*.

Tabel 4.23 Solusi Optimal Layanan Pengaduan Operasional *Weekdays*

Jadwal Baru						
Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja		Jumlah Oprator yang ditugaskan		Total
		Mulai	Selesai	Sesi 1	Sesi 2	
Shift Pagi	1/X	6:00	15:00	0	5	5
	2/A	7:00	16:00	6	1	7
	3/B	8:00	17:00	7	7	14
	4/E	11:00	20:00	0	0	0
Shift Malam	5/G	13:00	22:00	0	0	0
	6/I	15:00	0:00	20	20	40
	7/P	22:00	7:00	3	3	6
Total						72

Layanan pengaduan pelanggan untuk operasional *weekdays* membutuhkan 72 operator. *Shift* yang tidak digunakan ialah *shift* 4 dan 5. *Shift* 6 memiliki anggota paling banyak yaitu 40 orang, sedangkan *shift* 1 paling sedikit yaitu 5 orang, dan kelompok 1 dari *shift* 1 tidak digunakan. Selanjutnya hasil penyelesaian model ILP untuk data layanan pengaduan pelanggan hari operasional *weekend* pada tabel 4.24.

Tabel 4.24 Solusi Optimal Layanan Pengaduan Operasional *Weekend*

Jadwal Baru						
Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja		Jumlah Oprator yang ditugaskan		Total
		Mulai	Selesai	Sesi 1	Sesi 2	
Shift Pagi	1/X	6:00	15:00	0	7	7
	2/A	7:00	16:00	7	0	7
	3/B	8:00	17:00	6	4	10
	4/E	11:00	20:00	0	11	11
Shift Malam	5/G	13:00	22:00	20	0	20
	6/I	15:00	0:00	0	9	9
	7/P	22:00	7:00	4	4	8
Total						72

Layanan pengaduan pelanggan untuk hari operasional *weekend* membutuhkan 72 operator dalam satu hari. Berbeda dengan *weekdays*, pada hari

operasional *weekend* seluruh *shift* digunakan, namun untuk *shift* 1, 2, 4, 5 dan 6 hanya salah satu kelompok istirahat yang digunakan. Jumlah operator paling banyak ditunjukkan pada *shift* 5 yaitu 20 orang, sedangkan paling sedikit ialah pada *shift* 1 dan 2 yaitu sebanyak 7 orang. Penyelesaian model ILP berikutnya ialah untuk layanan PBPD hari operasional *weekdays* pada tabel 4.25.

Tabel 4.25 Solusi Optimal Layanan PBPD Operasional *Weekdays*

Jadwal Baru						
Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja		Jumlah Oprator yang ditugaskan		Total
		Mulai	Selesai	Sesi 1	Sesi 2	
Shift Pagi	1/X	6:00	15:00	5	0	5
	2/A	7:00	16:00	1	6	7
	3/B	8:00	17:00	6	6	12
	4/E	11:00	20:00	0	9	9
Shift Malam	5/G	13:00	22:00	0	0	0
	6/I	15:00	0:00	9	0	9
	7/P	22:00	7:00	1	1	2
Total						44

Layanan PBPD untuk hari operasional *weekdays* membutuhkan 44 operator dalam satu hari. *Shift* 5 tidak digunakan dalam jadwal operator layanan PBPD *weekdays*. Selain itu *shift* 1 dan 6 hanya menggunakan kelompok istirahat 1. Jika dilihat dari jumlah, *shift* 3 memiliki anggota paling banyak yaitu 12 orang, sedangkan *shift* 7 memiliki anggota paling sedikit yaitu 2 orang. Penyelesaian model ILP yang terakhir untuk *shift* eksisting dan jadwal rekomendasi ialah pada tabel 4.26.

Tabel 4.26 Solusi Optimal Layanan PBPD Operasional *Weekend*

Jadwal Baru						
Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja		Jumlah Oprator yang ditugaskan		Total
		Mulai	Selesai	Sesi 1	Sesi 2	
Shift Pagi	1/X	6:00	15:00	3	0	3
	2/A	7:00	16:00	0	3	3
	3/B	8:00	17:00	2	2	4

Jadwal Baru						
Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja		Jumlah Oprator yang ditugaskan		Total
		Mulai	Selesai	Sesi 1	Sesi 2	
	4/E	11:00	20:00	0	0	0
Shift Malam	5/G	13:00	22:00	0	0	0
	6/I	15:00	0:00	5	5	10
	7/P	22:00	7:00	1	1	2
Total						22

Layanan PBPD hari operasional *weekend* membutuhkan 22 operator dalam satu hari. Dalam layanan ini *shift* 4 dan 5 tidak digunakan, sedangkan *shift* 1 hanya menggunakan kelompok istirahat 1 dan *shift* 2 menggunakan kelompok istirahat 2 saja. *Shift* dengan anggota terbanyak ialah *shift* 6 dengan 10 operator dan untuk *shift* dengan jumlah terkecil ialah *shift* 7 yaitu 2 operator.

4.7.3 Shift Rekomendasi dan Aturan Jam Istirahat Baru

Shift rekomendasi ialah sebanyak 18 *shift* yang diplotkan dengan jarak 1 jam terhadap jam mulai *shift* sebelumnya sehingga terbentuk 18 *shift*. Tabel 4.27 merupakan jadwal 18 *shift*.

Tabel 4.27 Jadwal *Shift* Rekomendasi

Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja	
		Mulai	Selesai
Shift Pagi	1/X	6:00	15:00
	2/A	7:00	16:00
	3/B	8:00	17:00
	4	9:00	18:00
	5/D	10:00	19:00
	6/E	11:00	20:00
Shift Malam	7	12:00	21:00
	8/G	13:00	22:00
	9/H	14:00	23:00
	10/I	15:00	0:00
	11	16:00	1:00
	12	17:00	2:00
	13	18:00	3:00

Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja	
		Mulai	Selesai
	14/M	19:00	4:00
	15	20:00	5:00
	16	21:00	6:00
	17/P	22:00	7:00
	18	23:00	8:00

Selanjutnya jadwal istirahat perlu ditentukan. Dengan jadwal shalat dan aturan bahwa operator maksimal bekerja selama 4 jam sebelum istirahat, maka ditentukan jadwal istirahat sebagai berikut:

Tabel 4.28 Jadwal Istirahat Rekomendasi

Shift	Istirahat 1				Istirahat 2				Istirahat 3			
	Sesi 1 (Kelompok A)		Sesi 2 (Kelompok B)		Sesi 1 (Kelompok A)		Sesi 2 (Kelompok B)		Sesi 1 (Kelompok A)		Sesi 2 (Kelompok B)	
	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai
1	9:00	9:30	9:30	10:00	12:00	12:30	12:30	13:00	14:00	14:30	14:30	15:00
2	9:00	9:30	9:30	10:00	12:00	12:30	12:30	13:00	15:00	15:30	15:30	16:00
3	10:00	10:30	10:30	11:00	13:00	13:30	13:30	14:00	16:00	16:30	16:30	17:00
4	11:00	11:30	11:30	12:00	13:00	13:30	13:30	14:00	16:00	16:30	16:30	17:00
5	12:00	12:30	12:30	13:00	15:00	15:30	15:30	16:00	18:00	18:30	18:30	19:00
6	13:00	13:30	13:30	14:00	16:00	16:30	16:30	17:00	18:00	18:30	18:30	19:00
7	13:00	13:30	13:30	14:00	16:00	16:30	16:30	17:00	18:00	18:30	18:30	19:00
8	15:00	15:30	15:30	16:00	18:00	18:30	18:30	19:00	21:00	21:30	21:30	22:00
9	16:00	16:30	16:30	17:00	18:00	18:30	18:30	19:00	22:00	22:30	22:30	23:00
10	16:00	16:30	16:30	17:00	18:00	18:30	18:30	19:00	23:00	23:30	23:30	0:00
11	18:00	18:30	18:30	19:00	21:00	21:30	21:30	22:00	0:00	0:30	0:30	1:00
12	18:00	18:30	18:30	19:00	22:00	22:30	22:30	23:00	1:00	1:30	1:30	2:00
13	20:00	20:30	20:30	21:00	23:00	23:30	23:30	0:00	2:00	2:30	2:30	3:00
14	21:00	21:30	21:30	22:00	0:00	0:30	0:30	1:00	3:00	3:30	3:30	4:00
15	22:00	22:30	22:30	23:00	1:00	1:30	1:30	2:00	4:00	4:30	4:30	5:00
16	23:00	23:30	23:30	0:00	1:00	1:30	1:30	2:00	4:00	4:30	4:30	5:00
17	0:00	0:30	0:30	1:00	3:00	3:30	3:30	4:00	6:00	6:30	6:30	7:00
18	1:00	1:30	1:30	2:00	4:00	4:30	4:30	5:00	7:00	7:30	7:30	8:00

Jadwal operator dan istirahatnya jika diplotkan dalam slot, maka terbentuk slot jadwal dibawah ini :

Tabel 4.29 Slot Jadwal Rekomendasi

Shift	Jam Operasional																							
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	n11	n12	n13	n14	n15	n16	n17	n18	n19	n20	n21	n22	n23	n24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1							1			1		1	1	1	1									
2								2		2		2		2		2								
3									3	3	3	3	3	3	3	3								
4										4	4	4	4	4	4	4	4							
5											5	5	5	5	5	5	5	5						
6												6	6	6	6	6	6	6	6	6				
7													7	7	7	7	7	7	7	7	7			
8														8	8	8	8	8	8	8	8	8		
9															9	9	9	9	9	9	9	9		
10																10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11																	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12																12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13																13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14																14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15																15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16																16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17																17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18																18

atau = Jam Efektif
 = Jam Istirahat kelompok istirahat 1 dan 2 (masing-masing 30 menit)

Langkah selanjutnya ialah penyusunan model ILP. Prinsip penyusunan model ILP sama dengan sebelumnya. Jumlah dari *shift* sebanyak 18 *shift* sehingga variabel keputusannya sebanyak 36. Yaitu x_{11} , x_{12} , x_{21} , x_{22} , x_{31} , x_{32} , ..., x_{181} , x_{182} . Fungsi objektif dari model ILP ialah minimasi total dari nilai variabel keputusan. Sedangkan konstrain operator *on duty* harus lebih besar sama dengan kebutuhan operator sama dengan subbab 4.7.2, hanya saja jumlah variabel keputusan yang terlibat lebih banyak, misalnya pada interval waktu 06:00-07:00 sebagai berikut :

1. Pukul 06:00-06:30 → *Shift* 1 dan *shift* 18 tidak ada jadwal istirahat sehingga seluruh anggota *shift* 1 (x_{11} dan x_{12}) serta *shift* 18 (x_{181} dan x_{182}) merupakan operator *on duty*, sedangkan *shift* 17 ada jadwal istirahat, yaitu *shift* 17 kelompok istirahat 1 atau x_{171} (karena 30 menit pertama).

Konstrain yang terbentuk :

- $x_{11} + x_{12} + x_{172} + x_{182} + x_{182} \geq 8$
- $x_{11} + x_{12} + x_{172} + x_{182} + x_{182} \leq 63$

2. Pukul 06:30-07:00 → *Shift* 1 dan 18 tetap penuh (x_{11} , x_{12} , x_{181} dan x_{182}).
Shift 17 kelompok 1 (x_{171}) selesai istirahat dan bekerja kembali, namun kelompok 2 (x_{172}) keluar untuk istirahat.

- $x_{11} + x_{12} + x_{171} + x_{182} + x_{182} \geq 8$
- $x_{11} + x_{12} + x_{171} + x_{182} + x_{182} \leq 63$

Model ILP yang telah tersusun, kemudian dilakukan penyelesaian dengan solver. Data yang digunakan dalam penyelesaian model ILP antara lain layanan pengaduan pelanggan dan PBPD, baik hari operasional *weekdays* maupun *weekend*. Dimulai dari tabel 4.30 yaitu hasil penyelesaian model ILP untuk layanan pengaduan pelanggan hari operasional *weekdays*.

Tabel 4.30 Solusi Optimal Layanan Pengaduan Operasional *Weekdays*

Jadwal Baru						
Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja		Jumlah Oprator yang ditugaskan		Total
		Mulai	Selesai	Sesi 1	Sesi 2	
Shift Pagi	1/X	6:00	15:00	5	5	10
	2/A	7:00	16:00	1	0	1
	3/B	8:00	17:00	0	8	8
	4	9:00	18:00	7	0	7
	5/D	10:00	19:00	1	0	1
	6/E	11:00	20:00	0	0	0
Shift Malam	7	12:00	21:00	0	0	0
	8/G	13:00	22:00	4	6	10
	9/H	14:00	23:00	0	0	0
	10/I	15:00	0:00	1	0	1
	11	16:00	1:00	0	0	0
	12	17:00	2:00	0	0	0
	13	18:00	3:00	12	2	14
	14/M	19:00	4:00	0	0	0
	15	20:00	5:00	0	0	0
	16	21:00	6:00	0	0	0
	17/P	22:00	7:00	2	1	3
	18	23:00	8:00	1	0	1
Total						56

Layanan pengaduan pelanggan *weekdays* dipenuhi oleh operator selain *shift* 6, 7, 9, 14, 15 dan 16, karena *shift* tersebut tidak digunakan. Untuk *shift* 2, 5, 10 dan 18 hanya kelompok istirahat 1 yang digunakan. Jumlah keseluruhan operator yang dibutuhkan dalam satu hari ialah 56 operator. Jumlah operator tertinggi terjadi pada *shift* 13. *Shift* 2, 5, 10 dan 18 hanya terdiri dari 1 operator. Penyelesaian model ILP selanjutnya ialah layanan pengaduan pelanggan untuk hari operasional *weekend*. Hasilnya terdapat pada tabel 4.31.

Tabel 4.31 Solusi Optimal Layanan Pengaduan Operasional *Weekend*

Jadwal Baru						
Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja		Jumlah Oprator yang ditugaskan		Total
		Mulai	Selesai	Sesi 1	Sesi 2	
Shift Pagi	1/X	6:00	15:00	5	5	10
	2/A	7:00	16:00	0	0	0
	3/B	8:00	17:00	0	3	3
	4	9:00	18:00	6	3	9
	5/D	10:00	19:00	0	5	5
	6/E	11:00	20:00	0	0	0
Shift Malam	7	12:00	21:00	0	0	0
	8/G	13:00	22:00	5	0	5
	9/H	14:00	23:00	0	0	0
	10/I	15:00	0:00	0	0	0
	11	16:00	1:00	0	0	0
	12	17:00	2:00	0	0	0
	13	18:00	3:00	9	6	15
	14/M	19:00	4:00	0	0	0
	15	20:00	5:00	0	0	0
	16	21:00	6:00	0	0	0
	17/P	22:00	7:00	2	1	3
	18	23:00	8:00	0	0	0
Total						50

Layanan pengaduan pelanggan *weekend* tidak menggunakan *shift* 2, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15 dan 16. Untuk *shift* 3, 5 dan 8 hanya menggunakan salah satu kelompok istirahat saja. Dalam 24 jam, jumlah keseluruhan operator yang dibutuhkan dalam satu hari ialah 50 operator. Jumlah operator tertinggi terjadi

pada *shift* 13 yaitu 15 operator, sedangkan *shift* dengan jumlah anggota terendah ialah *shift* 3 dan 17 sebanyak 3 operator. Penyelesaian model ILP berikutnya ialah layanan PBPD untuk hari operasional *weekdays* pada tabel 4.32.

Tabel 4.32 Solusi Optimal Layanan PBPD Operasional *Weekend*

Jadwal Baru						
Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja		Jumlah Oprator yang ditugaskan		Total
		Mulai	Selesai	Sesi 1	Sesi 2	
Shift Pagi	1/X	6:00	15:00	4	2	6
	2/A	7:00	16:00	0	2	2
	3/B	8:00	17:00	3	2	5
	4	9:00	18:00	4	4	8
	5/D	10:00	19:00	0	0	0
	6/E	11:00	20:00	0	0	0
Shift Malam	7	12:00	21:00	0	0	0
	8/G	13:00	22:00	0	0	0
	9/H	14:00	23:00	1	0	1
	10/I	15:00	0:00	0	0	0
	11	16:00	1:00	0	1	1
	12	17:00	2:00	0	0	0
	13	18:00	3:00	5	3	8
	14/M	19:00	4:00	0	0	0
	15	20:00	5:00	0	0	0
	16	21:00	6:00	0	0	0
	17/P	22:00	7:00	0	0	0
	18	23:00	8:00	1	1	2
Total						33

Layanan PBPD *weekdays* dipenuhi oleh operator 1, 2, 3, 4, 9, 11, 13 dan 18. *Shift* 2, 9 dan 11 hanya menggunakan salah satu kelompok istirahat saja. Jumlah operator yang dibutuhkan dalam satu hari ialah 33 operator. Jumlah operator terbanyak terjadi pada *shift* 4 dan 13 yaitu sebanyak 8 operator. Berbeda dengan *shift* 4 dan 13, *shift* 9 dan 11 justru hanya beranggotakan 1 operator. Hasil penyelesaian model ILP yang terakhir ialah layanan PBPD untuk hari operasional *weekend* terdapat pada tabel 4.33.

Tabel 4.33 Solusi Optimal Layanan PBPD Operasional *Weekend*

Jadwal Baru						
Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja		Jumlah Oprator yang ditugaskan		Total
		Mulai	Selesai	Sesi 1	Sesi 2	
Shift Pagi	1/X	6:00	15:00	0	2	2
	2/A	7:00	16:00	2	0	2
	3/B	8:00	17:00	1	1	2
	4	9:00	18:00	1	2	3
	5/D	10:00	19:00	0	0	0
	6/E	11:00	20:00	0	0	0
Shift Malam	7	12:00	21:00	1	0	1
	8/G	13:00	22:00	0	1	1
	9/H	14:00	23:00	0	0	0
	10/I	15:00	0:00	0	0	0
	11	16:00	1:00	0	0	0
	12	17:00	2:00	0	0	0
	13	18:00	3:00	2	2	4
	14/M	19:00	4:00	0	0	0
	15	20:00	5:00	0	0	0
	16	21:00	6:00	0	0	0
	17/P	22:00	7:00	0	0	0
	18	23:00	8:00	1	1	2
Total						17

Layanan PBPD *weekend* dilayani oleh operator dari *shift* 1, 2, 3, 4, 7, 8, 13, dan 18. Tidak semua kelompok istirahat digunakan dalam masing-masing *shift*, contohnya *shift* 1, 2, 7 dan 8 yang hanya menggunakan salah satu kelompok istirahat saja. Jumlah keseluruhan operator yang dibutuhkan dalam satu hari ialah 17 operator. Jumlah operator tertinggi terjadi pada *shift* 13, yaitu 4 operator. Sedangkan *shift* 7 dan 8 hanya terdiri dari 1 operator.

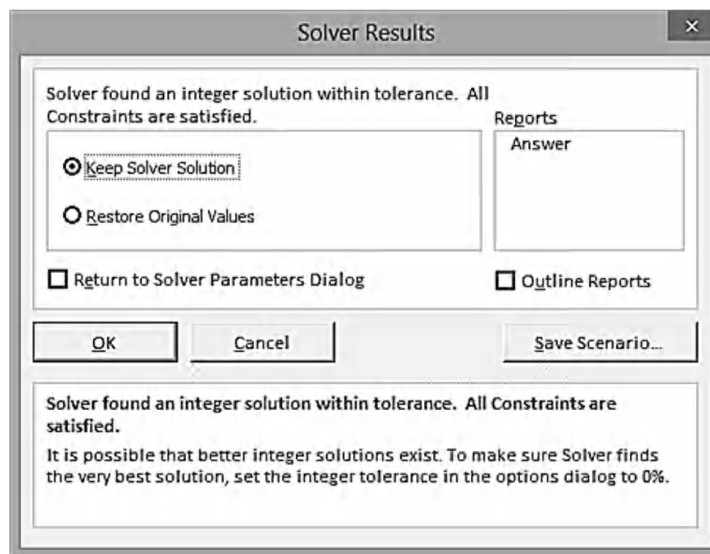
4.8 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi dan validasi perlu dilakukan untuk memastikan kebenaran model matematika yang telah disusun.

4.8.1 Verifikasi

Verifikasi dilakukan dengan beberapa langkah, antara lain :

1. Memeriksa kebenaran dalam input data. Dalam hal ini misalnya pada model dengan jadwal istirahat eksisting maka penyusunannya harus berdasarkan jadwal istirahat eksisting.
2. Melakukan pemeriksaan terhadap satuan dari data sehingga saat dalam perhitungan satuan data sesuai dengan data lainnya.
3. Memeriksa kesesuaian model ILP dengan batasan dan asumsi yang telah ditentukan. Misalnya adanya batasan bahwa jumlah fasilitas yang dapat digunakan operator ialah sebanyak 63 cube.
4. Memastikan bahwa saat mencari penyelesaian dari model ILP, solver dapat berjalan dengan baik (tidak *error*). Hal tersebut dapat dilihat pada *dialog box* yang muncul saat solver menemukan solusi seperti gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Dialog Box Solver*

5. Menyusun model ILP menjadi lebih sederhana yaitu dengan mengurangi variabel keputusan atau *shift*. Penyusunan model yang sederhana bertujuan agar model dapat dihitung secara manual. Hasil perhitungan manual akan dibandingkan dengan hasil solver. Model

ILP dinyatakan *verified* jika hasil keduanya sama. *Shift* yang direkomendasi sebanyak 18 *shift* dalam model sederhana hanya digunakan 2 *shift* yaitu *shift* 1 dan 2 sehingga jam operasional *call center* hanya selama 9 jam (06:00-16:00). Slot jadwal operator menjadi sebagai berikut :

Tabel 4.34 Slot Jadwal Operator Setelah Disederhanakan

		Jam Operasional									
		n7	n8	n9	n10	n11	n12	n13	n14	n15	n16
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Shift	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Shift	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2

Selain itu jumlah panggilan masuk juga diubah sehingga operator yang dibutuhkan setiap interval jam sebanyak 1 operator. Kebutuhan operator yang sama setiap jamnya, Berikut model ILP sederhana :

$$\text{Min } Z = x_{11} + x_{12} + x_{21} + x_{22}$$

Konstrain :

$$\text{Jam ke } - 7 \quad \rightarrow x_{11} + x_{12} \geq 1$$

$$\text{Jam ke } - 8 \quad \rightarrow x_{11} + x_{12} + x_{21} + x_{22} \geq 1$$

$$\text{Jam ke } - 9 \quad \rightarrow x_{11} + x_{12} + x_{21} + x_{22} \geq 1$$

$$\text{Jam ke } - 10 \quad \rightarrow x_{11} + x_{21} \geq 1$$

$$x_{12} + x_{22} \geq 1$$

$$\text{Jam ke } - 11 \quad \rightarrow x_{11} + x_{12} + x_{21} + x_{22} \geq 1$$

$$\text{Jam ke } - 12 \quad \rightarrow x_{11} + x_{12} + x_{21} + x_{22} \geq 1$$

$$\text{Jam ke } - 13 \quad \rightarrow x_{11} + x_{21} \geq 1$$

$$x_{12} + x_{22} \geq 1$$

$$\text{Jam ke } - 14 \quad \rightarrow x_{11} + x_{12} + x_{21} + x_{22} \geq 1$$

$$\text{Jam ke } - 15 \quad \rightarrow x_{11} + x_{21} + x_{22} \geq 1$$

$$x_{12} + x_{21} + x_{22} \geq 1$$

$$\text{Jam ke } - 16 \quad \rightarrow x_{21} \geq 1$$

$$x_{22} \geq 1$$

kebutuhan operator yang sama setiap interval jam, maka terdapat beberapa konstrain yang dapat dihilangkan karena sama dengan konstrain lain. Konstrain tersebut ialah konstrain pada jam ke-9, 11, 12 dan 14 yang sama dengan konstrain pada jam ke-8. Selanjutnya ialah konstrain pada jam ke-13 yang sama dengan konstrain pada jam ke-10 sehingga konstrain yang tersisa sebagai berikut :

$$\text{Jam ke - 7} \rightarrow x_{11} + x_{12} \geq 1$$

$$\text{Jam ke - 8} \rightarrow x_{11} + x_{12} + x_{21} + x_{22} \geq 1$$

$$\text{Jam ke - 10} \rightarrow x_{11} + x_{21} \geq 1$$

$$x_{12} + x_{22} \geq 1$$

$$\text{Jam ke - 15} \rightarrow x_{11} + x_{21} + x_{22} \geq 1$$

$$x_{12} + x_{21} + x_{22} \geq 1$$

$$\text{Jam ke - 16} \rightarrow x_{21} \geq 1$$

$$x_{22} \geq 1$$

Konstrain pada jam ke-16 menunjukkan bahwa nilai x_{21} dan x_{22} minimal bernilai 1. Jika nilai x_{21} dan x_{22} sama dengan 1, konstrain pada jam ke-8, 10 dan 15 terpenuhi. Sedangkan konstrain pada jam ke-7, nilai x_{11} dan x_{12} salah satunya harus bernilai 1 agar memenuhi seluruh konstrain. Dari hasil perhitungan manual, solusi optimalnya ialah $x_{11} = x_{21} = x_{22} = 1$ dan $x_{12} = 0$ atau $x_{12} = x_{21} = x_{22} = 1$ dan $x_{11} = 0$. Setelah dilakukan perhitungan manual, model di-*running* dengan solver, tabel 4.35 merupakan solusi model yang diperoleh dari solver.

Tabel 4.35 Hasil *Running Solver*

Jadwal Baru						
Jenis Shift	Nama Shift	Jam Kerja		Jumlah Oprator yang ditugaskan		Total
		Mulai	Selesai	Sesi 1	Sesi 2	
Shift Pagi	1/X	6:00	15:00	1	0	1
	2/A	7:00	16:00	1	1	2
Total						3

Solusi yang dihasilkan sover sama dengan hasil perhitungan manual yaitu total operator yang dibutuhkan sebanyak 3 operator yaitu, $x_{11} = x_{21} = x_{22} =$

1 dan $x_{12} = 0$. Solusi optimal yang sama menunjukkan bahwa model ILP *verified*.

Dari langkah-langkah yang telah dilakukan, model ILP dinyatakan *verified*, untuk selanjutnya, model perlu divalidasi agar memenuhi syarat untuk digunakan dalam penelitian ini.

4.8.2 Validasi

Validasi model ILP dilakukan dengan beberapa scenario, antara lain dengan mengubah nilai panggilan masuk, *service rate* dan utilitas menjadi bernilai sangat rendah ataupun tinggi. Tabel 4.36 merupakan perbandingan dari hasil penyelesaian model ILP untuk layanan pengaduan pelanggan (*weekdays*) *shift* dan jadwal istirahat rekomendasi dengan parameter sebenarnya serta parameter yang bernilai ekstrim.

Tabel 4.36 Hasil Validasi Layanan Pengaduan Operasional *Weekdays*

No	Skenario	Nilai	Hasil	Nilai Skenario	Hasil Skenario
1	Panggilan Masuk	100%	56	1%	5
				10000%	5298
2	<i>Service Rate</i>	15	56	1000	5
				1	797
3	Utilitas	0.96	56	0.99	54
				0.1	512

Perbandingan hasil penyelesaian model yang sebenarnya dengan validasi menunjukkan bahwa :

- Menurunkan nilai panggilan masuk menjadi 1% dari nilai panggilan masuk yang sebenarnya → total operator yang dibutuhkan menjadi sangat kecil yaitu 5 operator dalam satu hari → Model ILP **valid**
- Meningkatkan nilai panggilan masuk menjadi 100 kali lebih besar dari nilai panggilan masuk yang sebenarnya → Total operator yang dibutuhkan menjadi sangat besar yaitu 5298 operator dalam satu hari → Model ILP **valid**

- Meningkatkan nilai *service rate* sampai 1000 panggilan dapat terlayani dalam satu jam → Total operator yang dibutuhkan menjadi sangat kecil yaitu 5 operator dalam satu hari → Model ILP **valid**
- Menurunkan nilai *service rate* sampai 1 panggilan dapat terlayani dalam satu jam → Total operator yang dibutuhkan menjadi sangat besar yaitu 797 operator dalam satu hari → Model ILP **valid**
- Meningkatkan nilai *utiitas* sampai 0.99 → Total operator yang dibutuhkan menjadi lebih kecil yaitu 54 operator → Model ILP **valid**
- Menurunkan nilai *utiitas* sampai 0.1 → Total operator yang dibutuhkan menjadi sangat besar yaitu 512 operator → Model ILP **valid**

Skenario yang telah dilakukan menunjukkan bahwa model ILP sudah dapat dinyatakan valid sehingga memenuhi syarat untuk digunakan dalam penelitian ini.

BAB 5

ANALISIS

Bab analisis menjelaskan mengenai proses dan hasil pengolahan data secara keseluruhan.

5.1 Analisis Data *Outlier*

Data *outlier* merupakan data dari kejadian yang tidak umum sehingga data tersebut perlu dihilangkan atau diganti agar hasil pengolahan data lebih akurat. Data *outlier* tidak dihilangkan karena dibutuhkan data yang lengkap untuk melakukan pengolahan data. Penggantian data *outlier* menggunakan pendekatan yang merepresentasikan data *outlier* tersebut. Langkah perbaikan data *outlier* dilakukan dengan perhitungan rata-rata data *non-outlier* pada jam dan hari yang sama namun dalam minggu yang berbeda dengan data *outlier*. Penggantian data *outlier* dilakukan pada data jumlah panggilan masuk dan lama pelayanan. Jumlah data *outlier* pada layanan pengaduan pelanggan hampir sama dengan data *outlier* pada layanan PBPD. Menurut salah satu narasumber yang bekerja di *call center* PLN, data *outlier* jumlah panggilan masuk untuk layanan pengaduan pelanggan disebabkan oleh gangguan yang terjadi secara bersamaan di beberapa tempat misalnya karena tersambar petir, sedangkan data *outlier* jumlah panggilan masuk untuk layanan PBPD lebih disebabkan banyaknya permintaan layanan penambahan daya atau pemasangan baru. Data lama pelayanan panggilan memiliki data *outlier* yang lebih banyak karena deteksi *outlier* dilakukan secara keseluruhan (tidak dibagi atas *weekdays* dan *weekend*). Adanya data *outlier* lama pelayanan memiliki lebih banyak faktor, antara lain aplikasi *call center* yang mengalami gangguan sementara, panggilan yang dibuat hanya untuk mengisengi operator dan lainnya.

5.2 Analisis Hasil *Forecasting*

Forecasting dilakukan untuk memperkirakan panggilan masuk masing-masing jenis layanan pada periode berikutnya. Fokus *forecasting* ialah pada setiap interval jam sehingga peramalan dilakukan pada data dengan interval jam yang

sama. Pola data panggilan masuk pada setiap jam interval yang sama ialah konstan, sehingga proses *forecasting* dapat dilakukan dengan perhitungan rata-rata. Periode yang diramalkan ialah sebanyak 1 hari (24 jam), panjang periode yang singkat menunjukkan bahwa *forecasting* yang dilakukan ialah *short-term forecasting*. Jenis *forecasting short-term* merupakan jenis *forecasting* yang sangat direkomendasikan untuk perhitungan panggilan masuk *call center*, karena hasil *forecasting* akan lebih akurat (Koole, 2007).

Hasil *forecasting* dari layanan pengaduan pelanggan hari operasional *weekdays* maupun *weekend* memiliki *peak season* pada pukul 18:00-19:00 WIB. Sedangkan layanan PBPD hari operasional *weekdays* dan *weekend* memiliki *peak season* pada pukul 10:00-11:00 WIB. Pola tersebut sama dengan keterangan salah satu narasumber yang merupakan pegawai di *call center* bahwa pengaduan pelanggan ramai panggilan masuk saat sore sampai malam, hal ini disebabkan gangguan paling sering terjadi pada interval waktu tersebut sehingga banyak pelanggan yang menghubungi *call center*. Lain halnya dengan layanan PBPD, ramainya panggilan masuk terjadi pada pagi menjelang siang hari, karena pada interval waktu tersebut banyak pelanggan yang mengajukan pemasangan baru, penambahan daya, pemasangan sementara atau sekedar mengajukan pertanyaan mengenai PBPD. Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa tidak ada perubahan pola panggilan masuk pada hasil *forecasting*.

Setiap hasil *forecasting* nantinya pasti memiliki *error* atau nilai sebenarnya yang menyimpang dari hasil *forecasting*, oleh karena itu model *forecasting* yang digunakan harus dapat meminimalkan *error*. Pertimbangan model *forecasting* yang digunakan mengacu pada pola data, seperti penjelasan pada subbab 2.2, sedangkan semakin banyak jumlah data yang relevan, maka pola data akan semakin akurat. Hal tersebut menjadi salah satu kelemahan dari *forecasting* yang dilakukan dalam penelitian ini. Dari data yang ada, pola data panggilan masuk historis memiliki pola konstan. Jika data historis yang digunakan berjumlah lebih banyak dan tentunya relevan, misalnya 6 bulan dalam musim yang sama, maka terdapat kemungkinan bahwa pola data jumlah panggilan masuk tidak konstan. Jenis pola data yang berubah tentu akan berubah pula model *forecasting* yang digunakan.

5.3 Analisis Beban Kerja Operator

Beban kerja operator merupakan perbandingan antara waktu operator melayani panggilan dengan waktu efektif. Pada umumnya beban kerja yang ditargetkan perusahaan terhadap operator *call center* ialah antara 85 - 90%, hal ini disebabkan pekerjaan operator *call center* merupakan pekerjaan dengan tingkat stress tinggi, sedangkan operator selalu dituntut ramah kepada pelanggan (Reynolds, 2013). Kondisi eksisting *call center* PLN menargetkan beban kerja sebesar 96%, nilai tersebut termasuk beban kerja yang tinggi sehingga jika *call center* lebih memaksimalkan performansi operator *call center* secara kualitas, beban kerja yang ditargetkan kepada operator dapat diturunkan hingga 90%. Penerapan beban kerja operator sebesar 90% tentu akan mengakibatkan kebutuhan operator meningkat setiap interval jamnya. Tabel 5.1 merupakan perubahan kebutuhan operator saat beban kerja diturunkan menjadi 90%.

Tabel 5.1 Perbandingan Solusi Optimal Utilitas 96% dengan 90%

Layanan	Operasional	Beban Kerja/Utilitas	
		96%	90%
Pengaduan Pelanggan	<i>weekdays</i>	56	59
	<i>Weekend</i>	50	52
PBPD	<i>weekdays</i>	33	35
	<i>weekend</i>	17	20

Tabel 5.1 menunjukkan bahwa ketika beban kerja diturunkan menjadi 90%, kebutuhan operator meningkat 2-3 operator setiap harinya. Penurunan beban kerja operator patut dipertimbangkan karena beban kerja operator sangat mempengaruhi kinerja operator dan mengingat peningkatan kebutuhan operator yang tidak terlalu tinggi.

5.4 Analisis Jadwal yang Dihasilkan

Hasil dari running model ILP ialah jadwal operator *call center* serta alokasi operator *call center* pada setiap interval waktu. Pola yang berbeda pasti ditunjukkan oleh hasil running model ILP untuk jenis layanan yang berbeda.

Dimulai dari layanan pengaduan pelanggan hari operasional *weekdays*. Tabel 5.2 merupakan alokasi operator *call center* untuk layanan pengaduan pelanggan *weekdays*.

Tabel 5.2 Jumlah Operator *On Duty* Layanan Pengaduan (*Weekdays*)

Jam ke-	Awal	Akhir	Operator On Duty	Awal	Akhir	Operator On Duty
1	0:00	0:30	16	0:30	1:00	17
2	1:00	1:30	17	1:30	2:00	18
3	2:00	2:30	6	2:30	3:00	16
4	3:00	3:30	2	3:30	4:00	3
5	4:00	4:30	3	4:30	5:00	4
6	5:00	5:30	5	5:30	6:00	6
7	6:00	6:30	12	6:30	7:00	13
8	7:00	7:30	11	7:30	8:00	12
9	8:00	8:30	19	8:30	9:00	19
10	9:00	9:30	20	9:30	10:00	21
11	10:00	10:30	27	10:30	11:00	19
12	11:00	11:30	20	11:30	12:00	27
13	12:00	12:30	20	12:30	13:00	22
14	13:00	13:30	30	13:30	14:00	29
15	14:00	14:30	32	14:30	15:00	32
16	15:00	15:30	22	15:30	16:00	22
17	16:00	16:30	19	16:30	17:00	19
18	17:00	17:30	19	17:30	18:00	19
19	18:00	18:30	20	18:30	19:00	20
20	19:00	19:30	25	19:30	20:00	25
21	20:00	20:30	13	20:30	21:00	23
22	21:00	21:30	21	21:30	22:00	19
23	22:00	22:30	18	22:30	23:00	18
24	23:00	23:30	7	23:30	0:00	17

Tabel 5.2 menunjukkan bahwa jumlah operator *on duty* paling banyak terletak pada pukul 14:00-15:00 yaitu 32 operator, hal tersebut disebabkan pada interval waktu tersebut memiliki jumlah *shift* yang bekerja paling banyak, yaitu *shift* 1,2, 3, 4, 5 dan 8. Pada pukul 18:00-19:00 merupakan interval waktu yang memiliki jumlah panggilan masuk paling banyak, namun operator yang dialokasikan ialah sebanyak 20 operator. Alokasi pada *peak season* yang lebih rendah disebabkan karena pada interval waktu tersebut *shift* yang bekerja hanya dari *shift* 5, 8, 10 dan 13. Untuk melihat *shift* yang bekerja selama satu hari terdapat pada tabel 5.3

Tabel 5.3 Slot Jadwal Rekomendasi Layanan Pengaduan (*Weekdays*)

Shift	Jam Operasional																																																
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	n11	n12	n13	n14	n15	n16	n17	n18	n19	n20	n21	n22	n23	n24																									
	0:00 0:30	0:30 1:00	1:00 1:30	1:30 2:00	2:00 2:30	2:30 3:00	3:00 3:30	3:30 4:00	4:00 4:30	4:30 5:00	5:00 5:30	5:30 6:00	6:00 6:30	6:30 7:00	7:00 7:30	7:30 8:00	8:00 8:30	8:30 9:00	9:00 9:30	9:30 10:00	10:00 10:30	10:30 11:00	11:00 11:30	11:30 12:00	12:00 12:30	12:30 13:00	13:00 13:30	13:30 14:00	14:00 14:30	14:30 15:00	15:00 15:30	15:30 16:00	16:00 16:30	16:30 17:00	17:00 17:30	17:30 18:00	18:00 18:30	18:30 19:00	19:00 19:30	19:30 20:00	20:00 20:30	20:30 21:00	21:00 21:30	21:30 22:00	22:00 22:30	22:30 23:00	23:00 23:30		
1																																																	
2																																																	
3																																																	
4																																																	
5																																																	
8																																																	
10																																																	
13																																																	
17																																																	
18																																																	
																									<div><div></div> = Jam Efektif</div> <div><div></div> = Jam Istirahat</div>																								

Hasil penjadwalan berikutnya ialah untuk layanan pengaduan pelanggan hari operasional *weekend*. Kebutuhan operator pada *weekend* lebih rendah jika dibandingkan dengan kebutuhan operator pada *weekdays*. Tabel 5.4 merupakan alokasi operator *call center* untuk setiap jam.

Tabel 5.4 Jumlah Operator *On Duty* Layanan Pengaduan (*Weekend*)

Jam ke-	Awal	Akhir	Operator On Duty	Awal	Akhir	Operator On Duty
1	0:00	0:30	16	0:30	1:00	17
2	1:00	1:30	18	1:30	2:00	18
3	2:00	2:30	9	2:30	3:00	12
4	3:00	3:30	1	3:30	4:00	2
5	4:00	4:30	3	4:30	5:00	3
6	5:00	5:30	4	5:30	6:00	5
7	6:00	6:30	11	6:30	7:00	12
8	7:00	7:30	10	7:30	8:00	10
9	8:00	8:30	13	8:30	9:00	13
10	9:00	9:30	17	9:30	10:00	17
11	10:00	10:30	27	10:30	11:00	24
12	11:00	11:30	21	11:30	12:00	24
13	12:00	12:30	22	12:30	13:00	17
14	13:00	13:30	26	13:30	14:00	26
15	14:00	14:30	27	14:30	15:00	27
16	15:00	15:30	17	15:30	16:00	17
17	16:00	16:30	16	16:30	17:00	16
18	17:00	17:30	19	17:30	18:00	19
19	18:00	18:30	20	18:30	19:00	20
20	19:00	19:30	20	19:30	20:00	20
21	20:00	20:30	11	20:30	21:00	14
22	21:00	21:30	15	21:30	22:00	20
23	22:00	22:30	18	22:30	23:00	18
24	23:00	23:30	9	23:30	0:00	12

Jika dilihat dari jumlah alokasi operator setiap interval jam, hampir sama dengan sebelumnya bahwa alokasi operator paling banyak ialah pada pukul 16:00-14:00. Hal ini juga disebabkan banyaknya *shift* yang bekerja pada interval waktu tersebut, antara lain *shift* 1,3, 4, 5 dan 8. Untuk *peak season* layanan pengaduan pelanggan yang terjadi pada interval waktu 18:00-19:00, alokasi operator ialah sebanyak 20 operator, nilai tersebut terhitung lebih kecil dibandingkan operator pada interval waktu 14:00-15:00 yang mencapai 27 operator. Tabel 5.5 merupakan jadwal *shift* operator *call center*.

Tabel 5.5 Slot Jadwal Rekomendasi Layanan Pengaduan (*Weekend*)

Shift	Jam Operasional																																																
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	n11	n12	n13	n14	n15	n16	n17	n18	n19	n20	n21	n22	n23	n24																									
	0:00 0:30	0:30 1:00	1:00 1:30	1:30 2:00	2:00 2:30	2:30 3:00	3:00 3:30	3:30 4:00	4:00 4:30	4:30 5:00	5:00 5:30	5:30 6:00	6:00 6:30	6:30 7:00	7:00 7:30	7:30 8:00	8:00 8:30	8:30 9:00	9:00 9:30	9:30 10:00	10:00 10:30	10:30 11:00	11:00 11:30	11:30 12:00	12:00 12:30	12:30 13:00	13:00 13:30	13:30 14:00	14:00 14:30	14:30 15:00	15:00 15:30	15:30 16:00	16:00 16:30	16:30 17:00	17:00 17:30	17:30 18:00	18:00 18:30	18:30 19:00	19:00 19:30	19:30 20:00	20:00 20:30	20:30 21:00	21:00 21:30	21:30 22:00	22:00 22:30	22:30 23:00	23:00 23:30	23:30 0:00	
1																																																	
3																																																	
4																																																	
5																																																	
8																																																	
13																																																	
17																																																	

■ = Jam Efektif

■ = Jam Istirahat

Layanan PBPD memiliki jumlah panggilan masuk yang cenderung sedikit namun *service rate* operator lebih rendah. Tabel 5.6 merupakan alokasi operator layanan PBPD hari operasional *weekdays*.

Tabel 5.6 Jumlah Operator *On Duty* Layanan PBPD (*Weekdays*)

Jam ke-	Awal	Akhir	Operator On Duty	Awal	Akhir	Operator On Duty
1	0:00	0:30	11	0:30	1:00	10
2	1:00	1:30	9	1:30	2:00	9
3	2:00	2:30	5	2:30	3:00	7
4	3:00	3:30	2	3:30	4:00	2
5	4:00	4:30	1	4:30	5:00	1
6	5:00	5:30	2	5:30	6:00	2
7	6:00	6:30	8	6:30	7:00	8
8	7:00	7:30	9	7:30	8:00	9
9	8:00	8:30	13	8:30	9:00	13
10	9:00	9:30	17	9:30	10:00	17
11	10:00	10:30	18	10:30	11:00	19
12	11:00	11:30	17	11:30	12:00	17
13	12:00	12:30	17	12:30	13:00	17
14	13:00	13:30	14	13:30	14:00	15
15	14:00	14:30	18	14:30	15:00	20
16	15:00	15:30	16	15:30	16:00	14
17	16:00	16:30	7	16:30	17:00	9
18	17:00	17:30	10	17:30	18:00	10
19	18:00	18:30	9	18:30	19:00	9
20	19:00	19:30	10	19:30	20:00	10
21	20:00	20:30	5	20:30	21:00	7
22	21:00	21:30	10	21:30	22:00	9
23	22:00	22:30	9	22:30	23:00	10
24	23:00	23:30	6	23:30	0:00	8

Peak season layanan PBPD ialah pada pukul 10:00-11:00, artinya dalam rentang waktu inilah operator paling banyak dibutuhkan. Dalam rentang waktu 10:00-11:00 dijadwalkan 18-19 operator. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan pada pukul 14:00-15:00 yang dijadwalkan 18-20 operator bekerja dalam interval waktu tersebut. Sama dengan alasan sebelumnya bahwa saat banyak *shift* yang bekerja dalam interval waktu tertentu, maka operator yang bertugas juga banyak. Hal itu yang terjadi pada pukul 14:00-15:00. Tabel 5.7 merupakan slot jadwal *shift* yang bekerja dalam satu hari.

Shift	Jam Operasional																																															
	n1		n2		n3		n4		n5		n6		n7		n8		n9		n10		n11		n12		n13		n14		n15		n16		n17		n18		n19		n20		n21		n22		n23		n24	
	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00	4:30	5:00	5:30	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00	22:30	23:00	23:30
1																																																
2																																																
3																																																
4																																																
9																																																
11																																																
13																																																
18																																																

= Jam Efektif
 = Jam Istirahat

Terakhir ialah layanan PBPD untuk hari operasional *weekend*. Layanan ini memiliki total operator yang bekerja dalam satu hari paling sedikit. Tabel 5.8 merupakan alokasi operator layanan PBPD *weekend*.

Tabel 5.8 Jumlah Operator *On duty* Layanan PBPD (*Weekend*)

Jam ke-	Awal	Akhir	Operator On Duty	Awal	Akhir	Operator On Duty
1	0:00	0:30	6	0:30	1:00	6
2	1:00	1:30	5	1:30	2:00	5
3	2:00	2:30	4	2:30	3:00	4
4	3:00	3:30	2	3:30	4:00	2
5	4:00	4:30	1	4:30	5:00	1
6	5:00	5:30	2	5:30	6:00	2
7	6:00	6:30	4	6:30	7:00	4
8	7:00	7:30	5	7:30	8:00	5
9	8:00	8:30	6	8:30	9:00	6
10	9:00	9:30	7	9:30	10:00	7
11	10:00	10:30	8	10:30	11:00	8
12	11:00	11:30	8	11:30	12:00	7
13	12:00	12:30	8	12:30	13:00	8
14	13:00	13:30	8	13:30	14:00	8
15	14:00	14:30	11	14:30	15:00	9
16	15:00	15:30	7	15:30	16:00	8
17	16:00	16:30	4	16:30	17:00	4
18	17:00	17:30	5	17:30	18:00	5
19	18:00	18:30	5	18:30	19:00	5
20	19:00	19:30	6	19:30	20:00	6
21	20:00	20:30	4	20:30	21:00	4
22	21:00	21:30	5	21:30	22:00	4
23	22:00	22:30	4	22:30	23:00	4
24	23:00	23:30	4	23:30	0:00	4

Pada layanan PBPD hari operasional *weekend*, memiliki titik paling ramai terjadinya panggilan masuk ialah pada pukul 10:00-11:00. Dalam rentang waktu tersebut dibutuhkan 8 operator yang bekerja sehingga 8-9 operator ialokasikan pada interval waktu tersebut. Sedangkan pada pukul 14:00-15:00 jomlah operator yang ditugaskan ialah sebanyak 9-11 operator. Nilai tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai alokasi operator pada peak season. Hal tersebut disebabkan *shift* yang bekerja pada rentang waktu 14:00-15:00 lebih banyak jika dibandingkan dengan *shift* yang bekerja pada rentang waktu 10:00-11:00. Tabel 5.9 merupakan slot jadwal rekomendasi layanan PBPD hari operasional *weekend*.

Tabel 5.9 Slot Jadwal Rekomendasi Layanan PBPD (*Weekend*)

Shift	Jam Operasional																																																		
	n1		n2		n3		n4		n5		n6		n7		n8		n9		n10		n11		n12		n13		n14		n15		n16		n17		n18		n19		n20		n21		n22		n23		n24				
	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00	4:30	5:00	5:30	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00	22:30	23:00	23:30			
1																																																			
2																																																			
3																																																			
4																																																			
7																																																			
8																																																			
13																																																			
18																																																			

= Jam Efektif = Jam Istirahat

Dapat disimpulkan bahwa yang lebih mempengaruhi alokasi operator ialah jumlah *shift* yang bekerja pada interval waktu tertentu sehingga *peak season* bukan merupakan interval waktu yang memiliki operator *on duty* paling banyak. Namun secara keseluruhan nilai alokasi operator sama dengan atau lebih besar dari kebutuhan operator.

5.5 Analisis Implementasi Jadwal Operator *Call center* Rekomendasi

Penjadwalan operator *call center* yang dilakukan ICON+ memiliki beberapa ketentuan yang tidak dapat diubah. Ketentuan tersebut ialah jumlah istirahat selama 1.5 jam, *shift* pagi diisi oleh operator wanita, *shift* malam diisi oleh operator pria dan jumlah operator yang bekerja selama satu hari harus berjumlah $\frac{2}{3}$ dari jumlah seluruh operator. Ketentuan-ketentuan tersebut juga harus dipenuhi oleh jadwal operator *call center* rekomendasi. Ketentuan total istirahat operator selama 1.5 jam telah disesuaikan pada model, selanjutnya mengenai operator pria mengisi *shift* malam dan operator wanita mengisi *shift* pagi dapat diterapkan pada jadwal hasil model ILP. Ketentuan terakhir mengenai dalam satu hari minimal terdapat $\frac{2}{3}$ pegawai dari total keseluruhan pegawai bekerja, sedangkan pada jadwal rekomendasi, terdapat paling sedikit 67 operator (50 operator layanan pengaduan pelanggan dan 17 operator layanan PBPDP) dalam satu hari, sehingga jumlah pegawai yang perlu dimiliki perusahaan ialah 102 orang.

Selain ketentuan dari perusahaan, penerapan model ILP juga harus memperhatikan kenyamanan pegawai, dalam sistem penjadwalan yang baru. Penentuan jadwal operator serta jumlah pegawai yang bekerja didalamnya berdasarkan jumlah panggilan masuk dalam satu interval waktu. Jumlah panggilan masuk didapatkan dari hasil *forecasting*. Perhitungan *forecasting* jumlah panggilan masuk dapat dilakukan paling lambat 1 bulan sebelum penentuan jadwal, karena operator akan lebih siap untuk bekerja jika jarak pengumuman jadwal dengan jadwal operator bekerja, lebih lama. Contohnya untuk menentukan jadwal operator pada bulan Desember, *forecasting* dan penjadwalan dengan model ILP dilakukan mulai dari bulan November sehingga operator mengetahui jadwal bekerja satu bulan sebelum hari kerja pada bulan Desember dimulai.

5.6 Analisis Interval Waktu Penjadwalan Operator *Call center*

Interval waktu penjadwalan operator *call center* ialah satu jam., artinya operator ditugaskan untuk melayani panggilan masuk yang terjadi dalam interval waktu satu jam tersebut. Dalam satu jam panggilan masuk yang terjadi tentunya tidak merata, misalkan dalam 1 jam terjadi 60 panggilan, bukan berarti setiap menit terjadi satu panggilan masuk, melainkan hanya sebagai total panggilan masuk dalam satu jam saja. Terjadinya panggilan dengan waktu yang tidak menentu, menunjukkan sebenarnya terdapat kemungkinan setiap menit bahkan setiap detik kebutuhan operator berbeda. Jika penjadwalan menggunakan interval waktu dalam satuan detik, tentunya hasil penjadwalan lebih akurat, namun dalam penerapannya membutuhkan data panggilan masuk historis setiap detik dan operator juga dituntut untuk sangat tepat waktu. Hal ini tentu sangat sulit untuk diterapkan pada *call center*. Penjadwalan dengan interval waktu dalam satuan menit juga sulit diterapkan karena membutuhkan rekap data permenit, selain itu kondisi *call center* yang sangat ramai sehingga kurang memungkinkan untuk merekap data dalam satuan menit. Interval waktu yang lebih mungkin diterapkan untuk *call center* ialah 30 menit, membutuhkan data historis dengan interval waktu dalam 30 menit juga, meskipun data historis yang dibutuhkan lebih banyak dibandingkan rekap data perjam, hasil penjadwalan juga lebih akurat, karena operator dijadwalkan untuk memenuhi panggilan masuk yang terjadi dalam interval 30 menit. Kebutuhan operator dalam satu hari juga dapat berjumlah lebih sedikit jika interval waktu penjadwalan yang dilakukan lebih kecil, artinya semakin kecil interval waktu penjadwalan, semakin baik.

5.7 Analisis Pembaharuan Model Integer Linear Programming

Model ILP disusun dengan beberapa ketentuan sehingga jika ketentuan tersebut berubah maka model sudah tidak berlaku kembali. Ketentuannya ialah :

- Tidak ada perbedaan gaji antara *shift* pagi dan *shift* malam
- Operator dibagi dalam kelompok istirahat
- Tidak ada aturan mengenai proporsi jumlah operator pria dan operator wanita

Model ILP perlu diubah jika ketentuan-ketentuan tersebut berubah. Perubahan yang terjadi berupa perubahan fungsi objektif, variabel keputusan dan konstrain. Fungsi objektif akan berubah jika terdapat perbedaan gaji antara *shift* malam dengan *shift* pagi, perlu ditambahkan konstanta yang merepresentasikan gaji masing-masing *shift* didepan variabel keputusan. Perubahan yang terjadi ketika operator tidak dibagi dalam kelompok istirahat ialah variabel keputusan. Model ILP pada penelitian ini memiliki variabel keputusan dengan dua indeks, indeks kedua mewakili kelompok istirahat, jika kelompok istirahat ditiadakan, maka indeks kedua tidak dibutuhkan. Perubahan selanjutnya terjadi jika ada kebijakan yang mengatur proporsi operator wanita dan operator pria, hal ini membutuhkan konstrain tambahan yang merepresentasikan pengaturan proporsi operator pria dan wanita.

Kebijakan dari perusahaan baik PLN maupun ICON+ memiliki pengaruh besar dalam penyusunan model ILP. Kebijakan-kebijakan merupakan acuan dalam penyusunan model ILP sehingga jika terjadi perubahan kebijakan, dapat terjadi perubahan model ILP.

5.8 Analisis Pengaruh Pemisahan Jadwal *Weekend* dan *Weekdays*

Panggilan masuk pada *weekdays* lebih banyak dibandingkan panggilan masuk pada *weekend*. Hal inilah yang membuat penjadwalan *weekdays* dan *weekend* perlu dibedakan karena kebutuhan operator pada *weekdays* pasti lebih besar dibandingkan pada *weekend*. Jika jumlah operator pada *weekdays* juga digunakan dalam *weekend*, maka operator pada saat *weekend* lebih banyak menganggur (utilitas rendah). Tabel 5.10 merupakan perbandingan kebutuhan operator pada saat *weekdays* dan *weekend*.

Tabel 5.10 Perbandingan Kebutuhan Operator

Layanan	Kategori	Jadwal eksisting (Manual)	Integer Linear Programming		
			Shift Eksisting		Shift Rekomendasi
			Jadwal Istirahat Eksisting	Jadwal Istirahat Rekomendasi	Jadwal Istirahat Rekomendasi
Aduan	<i>Weekdays</i>	71	60	72	56
PBPD	<i>Weekdays</i>	31	36	44	33

Layanan	Kategori	Jadwal eksisting (Manual)	Integer Linear Programming		
			Shift Eksisting		Shift Rekomendasi
			Jadwal Istirahat Eksisting	Jadwal Istirahat Rekomendasi	Jadwal Istirahat Rekomendasi
Total		102	96	116	89
Aduan	Weekend	71	55	72	50
PBPD	Weekend	31	20	22	17
Total		102	75	94	67

Jumlah operator eksisting dengan penjadwalan manual ialah 71 operator untuk layanan pengaduan masyarakat dan 31 untuk layanan PBPD. Sedangkan menggunakan jadwal rekomendasi membutuhkan 56 operator layanan pengaduan pelanggan dan 33 operator untuk layanan PBPD. Kebutuhan operator tersebut terjadi untuk hari operasional *weekdays*, jika penjadwalan operator *weekend* tidak dibedakan dengan *weekdays*, maka kebutuhan operator yang sebanyak 89 operator juga berlaku untuk *weekend*. Namun jika penjadwalan operator *weekend* dibedakan dengan *weekdays*, maka kebutuhan operatornya sebanyak 67 (50 untuk layanan pengaduan pelanggan dan 17 untuk layanan PBPD). Selisih kebutuhan operator *weekend* dengan *weekdays* sebanyak 22 operator, angka tersebut terhitung besar sehingga pemisahan jadwal *weekdays* dan *weekend* sangat penting.

5.9 Analisis karakter *Call center* PLN

Karakter *call center* PLN yang menarik ialah peak season jumlah panggilan masuk, psikis operator *call center* dan factor eksternal *call center*. *Call center* PLN yang terhubung dengan operator terbagi menjadi 2 layanan yaitu layanan pengaduan pelanggan dan PBPD. Keduanya memiliki ciri khas masing-masing. Layanan pengaduan pelanggan lebih cenderung kepada keluhan akan gangguan supply listrik, misalnya pemadaman listrik. Gangguan berupa pemadaman listrik paling sering terjadi pada malam hari sehingga banyak pelanggan yang menghubungi *call center*. Sedangkan untuk layanan PBPD panggilan masuk ramai saat jam kantor (10:00-11:00), artinya layanan ini sering digunakan oleh masyarakat saat sedang bekerja. Pelanggan yang menghubungi *call center* untuk PBPD biasanya berhubungan dengan urusan listrik perkantoran

ataupun pribadi. Layanan PBPD juga cenderung lebih lama pelayanannya dibandingkan dengan pengaduan pelanggan sehingga memiliki service rate yang lebih rendah.

Karakter *call center* selanjutnya ialah mengenai psikis operator. Menurut narasumber yang bekerja pada *call center* PLN, operator *call center* merupakan kerja dengan tingkat stress tinggi, terutama untuk area pelayanan Jawa Timur. Panggilan masuk yang padat serta *attitude* pelanggan saat menelpon yang terkadang kurang baik, operator harus tetap ramah terhadap pelanggan. Tuntutan tersebut sangat membutuhkan mental yang kuat sehingga psikis operator tidak tertekan. Banyak usaha yang dilakukan oleh pihak manajemen *call center*, salah satunya adanya internalisasi antar pegawai. Kegiatan internalisasi diharapkan dapat memupuk rasa persaudaraan antar pegawai sehingga pegawai terutama operator *call center* memiliki semangat kerja yang tinggi. Selain itu ada hal yang dapat dilakukan *call center* PLN ialah menurunkan beban kerja eksisting yang bernilai 0.96 menjadi 0.9 untuk meminimalisir tekanan pada operator *call center*.

Karakter *call center* yang terakhir ialah adanya faktor eksternal yang mempengaruhi *call center*, antara lain faktor cuaca. Performasi kegiatan *supply* listrik sangat dipengaruhi oleh musim. Indonesia memiliki dua jenis musim antara lain kemarau dan penghujan. Dari hasil wawancara, panggilan masuk ke *call center* saat musim penghujan mengalami peningkatan, terutama saat terjadi hujan badai. Fasilitas penunjang *supply* listrik seringkali mengalami kerusakan ringan saat hujan badai sehingga banyak wilayah yang mengalami listrik padam. Pada saat itulah banyak pelanggan yang menghubungi *call center*. Saat musim penghujan juga performasi *call center* sering tidak terpenuhi karena panggilan masuk yang sangat banyak. Berbeda dengan musim penghujan, pada saat kemarau tiba, panggilan masuk ke *call center* PLN cenderung lebih rendah, namun *supply* listrik tetap tidak lepas dari gangguan, antara lain beban listrik yang meningkat saat musim kemarau membuat kabel PLN putus karena tidak dapat menahan besarnya beban listrik. Peningkatan beban listrik dipicu oleh suhu tinggi sehingga membuat masyarakat banyak memanfaatkan kipas angin atau AC (*air conditioner*). Adanya pengaruh musim dapat menjadi pertimbangan dalam penjadwalan *call center* selanjutnya.

5.10 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan dengan mengubah beberapa parameter, antara lain utilitas, kapasitas dan jumlah panggilan masuk. Berikut merupakan hasil analisis sensitivitas :

1. Utilitas merupakan salah satu parameter yang diubah. Hal ini bertujuan untuk melihat perubahan solusi saat utilitas diubah. Tabel 5.11 menunjukkan perubahan solusi ketika utilitas mengalami perubahan.

Tabel 5.11 Perubahan Solusi Optimal terhadap Utilitas

Utilitas	Utilitas	96%	95%	94%	93%	92%	91%	90%
	Total Operator	56	56	56	57	58	58	59
	Utilitas	96%	97%	98%	99%			
	Total Operator	56	55	55	54			

Perubahan total operator yang dibutuhkan dalam satu hari meningkat menjadi 57 operator ketika utilitas menurun sebesar 3%. Pada tingkat utilitas 92% dan 91% total operator yang dibutuhkan meningkat menjadi 58 operator. Peningkatan kebutuhan operator kembali terjadi saat utilitas menurun hingga 90%. Jika peningkatan kebutuhan terjadi ketika utilitas menurun, sebaliknya penurunan kebutuhan operator menurun saat utilitas meningkat. 55 operator dibutuhkan dalam satu hari ketika utilitas meningkat hingga 2% dari nilai sebelumnya (96%). Selanjutnya, ketika utilitas mencapai 99% maka kebutuhan operator hanya mencapai 54 operator.

2. Perubahan nilai kapasitas bertujuan untuk melihat kapasitas minimum yang diperlukan untuk memenuhi panggilan *call center*. Tabel 5.12 merupakan kapasitas minimum yang dibutuhkan *call center*.

Tabel 5.12 Kapasitas Minimum *Call center*

Kapasitas minimum	Layanan	
	Pengaduan	PBPD
	25	18

Layanan pengaduan minimal membutuhkan 25 kubik (kabin operator) sedangkan layanan PBPD membutuhkan minimal 18 kubik, total keseluruhan ialah 33 *cubes*. Jika dilihat dari total kubik, maka *call center* PLN area pelayanan Jawa Timur tidak perlu menggunakan fasilitas tambahan di Palembang.

3. Nilai *service rate* merupakan kebijakan yang telah ditentukan oleh perusahaan sehingga tidak menutup kemungkinan nilai *service rate* berubah sesuai dengan kebijakan perusahaan. Keadaan eksisting nilai *service rate* sebesar 15. Analisis sensitivitas dengan mengubah nilai *service rate* bertujuan untuk melihat perubahan solusi optimal saat nilai *service rate* diubah. Tabel 5.13 merupakan perubahan solusi optimal saat nilai *service rate* berubah.

Tabel 5.13 Perubahan Solusi Optimal terhadap *Service Rate*

No	<i>Service Rate</i>	Kebutuhan Operator
1	15	56
2	14	59
3	13	64
4	12	68
5	11	74
6	10	82
7	9	90
8	8	102
9	7	115
10	6	135

Semakin menurun nilai *service rate*, semakin banyak operator yang dibutuhkan. Selisih kebutuhan operator pada tingkat *service rate* tertentu dengan kebutuhan operator pada tingkat *service rate* sebelumnya semakin besar. Contohnya saat *service rate* sebesar 15, kebutuhan operator sebesar 56, namun ketika *service rate* menurun hingga 14, kebutuhan operator meningkat sebanyak 3 operator menjadi 59 operator. Selisih operator yang lebih besar ditunjukkan ketika *service rate* sebesar 7 dan 6, masing-masing dengan nilai kebutuhan operator 115 dan 135.

4. Jumlah panggilan masuk merupakan parameter yang berpengaruh pada jumlah operator yang dibutuhkan sehingga dengan mengubah nilai jumlah panggilan masuk solusi akan berubah. Perubahan solusi akan menunjukkan sensitivitas solusi dengan parameter jumlah panggilan masuk. Perubahan solusi optimal ditunjukkan oleh tabel 5.14.

Tabel 5.14 Perubahan Solusi Optimal terhadap jumlah Panggilan Masuk

Peningkatan Panggilan Masuk	Kebutuhan Operator	Peningkatan Kebutuhan Operator	Penurunan Panggilan Masuk	Kebutuhan Operator	Penurunan Kebutuhan Operator
0%	56		0%	56	
1%	56	0.0%	1%	55	1.8%
2%	56	0.0%	2%	55	1.8%
3%	57	1.8%	3%	54	3.6%
4%	57	1.8%	4%	53	5.4%
5%	58	3.6%	5%	52	7.1%
6%	59	5.4%	6%	52	7.1%
7%	59	5.4%	7%	52	7.1%
8%	60	7.1%	8%	50	10.7%
9%	60	7.1%	9%	50	10.7%
10%	61	8.9%	10%	50	10.7%

Perubahan solusi mulai terjadi ketika panggilan masuk jumlahnya meningkat sebanyak 3 %, saat itu 57 operator dibutuhkan dalam satu hari atau kebutuhan operator meningkat 1.8%. Peningkatan kembali terjadi saat panggilan masuk meningkat 5% sehingga operator yang dibutuhkan mengalami peningkatan 3.6% menjadi 58 operator. Pertambahan jumlah operator yang dibutuhkan selanjutnya terjadi pada peningkatan jumlah panggilan masuk 6%, 8% dan 10% yang mencapai 61 operator, dimana operator yang dibutuhkan meningkat hingga 8.9%. Berlawanan dengan peningkatan jumlah panggilan masuk, jika panggilan masuk mengalami penurunan, maka operator yang dibutuhkan semakin sedikit. Kebutuhan operator mulai berkurang menjadi 55 operator ketika jumlah panggilan menurun 1%. Pengurangan kebutuhan operator kembali terjadi pada tingkat penurunan jumlah panggilan masuk 3%, 4%, 5% dan 8% masing-masing berjumlah 54, 53, 52 dan 50 operator.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab 6 menjelaskan kesimpulan secara keseluruhan dalam penelitian mengenai penjadwalan operator *call center* serta saran untuk penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan mengenai penjadwalan operator *call center* dengan menyusun model *integer linear programming* ialah sebagai berikut :

1. Operator yang dibutuhkan layanan pengaduan antara 1-20 operator. Kebutuhan operator paling rendah terletak antara pukul 01:00-04:00, sedangkan paling tinggi pada pukul 18:00-19:00. Layanan PBPD setiap interval jam membutuhkan antar 1-18 operator. Kebutuhan operator paling rendah terjadi pada pukul 22:00-05:00, sedangkan kebutuhan operator paling tinggi terjadi pada pukul 10:00-11:00. Tabel 6.1 merupakan rekap kebutuhan operator di setiap interval jam .

Tabel 6.1 Rekap Kebutuhan Operator

Interval		Weekdays		Weekend	
Mulai	Selesai	Pengaduan	PBPD	Pengaduan	PBPD
0:00	1:00	3	1	4	1
1:00	2:00	2	1	2	1
2:00	3:00	2	1	1	1
3:00	4:00	2	1	1	1
4:00	5:00	3	1	2	1
5:00	6:00	5	2	4	2
6:00	7:00	8	5	7	4
7:00	8:00	11	9	10	5
8:00	9:00	19	13	13	6
9:00	10:00	20	17	17	7
10:00	11:00	19	18	18	8
11:00	12:00	18	14	16	6
12:00	13:00	16	13	15	6
13:00	14:00	17	13	15	6
14:00	15:00	17	11	15	5
15:00	16:00	17	8	16	4
16:00	17:00	19	7	16	4
17:00	18:00	19	9	19	5
18:00	19:00	20	9	20	5

Interval		Weekdays		Weekend	
Mulai	Selesai	Pengaduan	PBPD	Pengaduan	PBPD
19:00	20:00	16	8	15	5
20:00	21:00	13	5	11	4
21:00	22:00	9	3	9	2
22:00	23:00	6	2	5	1
23:00	0:00	3	1	5	1

2. Jadwal operator rekomendasi memiliki 7-10 *shift* yang dalam satu hari. Masing-masing *shift* memiliki 3 kali kesempatan istirahat dengan total durasi selama 1.5 jam. Operator dalam setiap *shift* dibagi menjadi 1-2 kelompok istirahat. Berikut merupakan rekap jadwal rekomendasi dan total operator.

Tabel 6.2 Jadwal Operator Rekomendasi Layanan Pengaduan (*Weekdays*)

No	Shift	Jam Kerja		Kelompok Istirahat	Jumlah Operator	Istirahat 1		Istirahat 2		Istirahat 3	
		Mulai	Selesai			Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai
1	1/X	6:00	15:00	Kelompok 1	5	9:00	9:30	12:00	12:30	14:00	14:30
				Kelompok 2	5	9:30	10:00	12:30	13:00	14:30	15:00
2	2/A	7:00	16:00	Kelompok 1	1	9:00	9:30	12:00	12:30	15:00	15:30
3	3/B	8:00	17:00	Kelompok 2	8	10:30	11:00	13:30	14:00	16:30	17:00
4	4	9:00	18:00	Kelompok 1	7	11:00	11:30	13:00	13:30	16:00	16:30
5	5/D	10:00	19:00	Kelompok 1	1	12:00	12:30	15:00	15:30	18:00	18:30
6	8/G	13:00	22:00	Kelompok 1	4	15:00	15:30	18:00	18:30	21:00	21:30
				Kelompok 2	6	15:30	16:00	18:30	19:00	21:30	22:00
7	10/I	15:00	0:00	Kelompok 1	1	16:00	16:30	18:00	18:30	23:00	23:30
8	13	18:00	3:00	Kelompok 1	12	20:00	20:30	23:00	23:30	2:00	2:30
				Kelompok 2	2	20:30	21:00	23:30	0:00	2:30	3:00
9	17/P	22:00	7:00	Kelompok 1	2	0:00	0:30	3:00	3:30	6:00	6:30
				Kelompok 2	1	0:30	1:00	3:30	4:00	6:30	7:00
10	18	23:00	8:00	Kelompok 1	1	1:00	1:30	4:00	4:30	7:00	7:30
Total					56						

Layanan pengaduan pelanggan hari operasional *weekdays* memiliki 10 *shift* yang bekerja dengan total operator sebanyak 56 orang.

Tabel 6.3 Jadwal Operator Rekomendasi Layanan PBDP (*Weekdays*)

No	Shift	Jam Kerja		Kelompok Istirahat	Jumlah Operator	Istirahat 1		Istirahat 2		Istirahat 3	
		Mulai	Selesai			Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai
1	1/X	6:00	15:00	Kelompok 1	4	9:00	9:30	12:00	12:30	14:00	14:30
				Kelompok 2	2	9:30	10:00	12:30	13:00	14:30	15:00
2	2/A	7:00	16:00	Kelompok 2	2	9:30	10:00	12:30	13:00	15:30	16:00
3	3/B	8:00	17:00	Kelompok 1	3	10:00	10:30	13:00	13:30	16:00	16:30
				Kelompok 2	2	10:30	11:00	13:30	14:00	16:30	17:00
4	4	9:00	18:00	Kelompok 1	4	11:00	11:30	13:00	13:30	16:00	16:30
				Kelompok 2	4	11:30	12:00	13:30	14:00	16:30	17:00
5	9/H	14:00	23:00	Kelompok 1	1	16:00	16:30	18:00	18:30	22:00	22:30
6	11	16:00	1:00	Kelompok 2	1	18:30	19:00	21:30	22:00	0:30	1:00
7	13	18:00	3:00	Kelompok 1	5	20:00	20:30	23:00	23:30	2:00	2:30
				Kelompok 2	3	20:30	21:00	23:30	0:00	2:30	3:00
8	18	23:00	8:00	Kelompok 1	1	1:00	1:30	4:00	4:30	7:00	7:30
				Kelompok 2	1	1:30	2:00	4:30	5:00	7:30	8:00
Total					33						

Layanan PBDP hari operasional *weekdays* memiliki 8 *shift* yang bekerja dengan total operator sebanyak 33 orang.

Tabel 6.4 Jadwal Operator Rekomendasi Layanan Pengaduan (*Weekend*)

No	Shift	Jam Kerja		Kelompok Istirahat	Jumlah Operator	Istirahat 1		Istirahat 2		Istirahat 3	
		Mulai	Selesai			Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai
1	1/X	6:00	15:00	Kelompok 1	5	9:00	9:30	12:00	12:30	14:00	14:30
				Kelompok 2	5	9:30	10:00	12:30	13:00	14:30	15:00
2	3/B	8:00	17:00	Kelompok 2	3	10:30	11:00	13:30	14:00	16:30	17:00
3	4	9:00	18:00	Kelompok 1	6	11:00	11:30	13:00	13:30	16:00	16:30
				Kelompok 2	3	11:30	12:00	13:30	14:00	16:30	17:00
4	5/D	10:00	19:00	Kelompok 2	5	12:30	13:00	15:30	16:00	18:30	19:00
5	8/G	13:00	22:00	Kelompok 1	5	15:00	15:30	18:00	18:30	21:00	21:30
6	13	18:00	3:00	Kelompok 1	9	20:00	20:30	23:00	23:30	2:00	2:30
				Kelompok 2	6	20:30	21:00	23:30	0:00	2:30	3:00
7	17/P	22:00	7:00	Kelompok 1	2	0:00	0:30	3:00	3:30	6:00	6:30
				Kelompok 2	1	0:30	1:00	3:30	4:00	6:30	7:00
	Total				50						

Layanan pengaduan pelanggan hari operasional *weekend* memiliki 7 *shift* yang bekerja dengan total operator sebanyak 50 orang.

Tabel 6.5 Jadwal Operator Rekomendasi Layanan PBPD (*Weekend*)

No	Shift	Jam Kerja		Kelompok Istirahat	Jumlah Operator	Istirahat 1		Istirahat 2		Istirahat 3	
		Mulai	Selesai			Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai
1	1/X	6:00	15:00	Kelompok 2	2	9:30	10:00	12:30	13:00	14:30	15:00
2	2/A	7:00	16:00	Kelompok 1	2	9:00	9:30	12:00	12:30	15:00	15:30
3	3/B	8:00	17:00	Kelompok 1	1	10:00	10:30	13:00	13:30	16:00	16:30
				Kelompok 2	1	10:30	11:00	13:30	14:00	16:30	17:00
4	4	9:00	18:00	Kelompok 1	1	11:00	11:30	13:00	13:30	16:00	16:30
				Kelompok 2	2	11:30	12:00	13:30	14:00	16:30	17:00
5	7	12:00	21:00	Kelompok 1	1	13:00	13:30	16:00	16:30	18:00	18:30
6	8/G	13:00	22:00	Kelompok 2	1	15:30	16:00	18:30	19:00	21:30	22:00
7	13	18:00	3:00	Kelompok 1	2	20:00	20:30	23:00	23:30	2:00	2:30
				Kelompok 2	2	20:30	21:00	23:30	0:00	2:30	3:00
8	18	23:00	8:00	Kelompok 1	1	1:00	1:30	4:00	4:30	7:00	7:30
				Kelompok 2	1	1:30	2:00	4:30	5:00	7:30	8:00
Total					17						

Layanan PBPD hari operasional *weekend* memiliki 8 *shift* yang bekerja dengan total operator sebanyak 17 orang.

3. Kebutuhan total operator *call center* baik layanan pengaduan maupun PBPD secara keseluruhan dalam 24 jam pada *weekdays* yaitu 89 operator, sedangkan pada *weekend* hanya membutuhkan 67 operator.
4. Beban kerja ideal ialah 0.9 sedangkan beban kerja eksisting ialah 0.96. Solusi optimal akan bertambah 2-3 operator jika menggunakan beban kerja ideal.

6.2 Saran

Saran untuk PLN dan penelitian selanjutnya ialah sebagai berikut :

1. Gaji untuk *shift* malam sebaiknya lebih tinggi dibandingkan pada *shift* pagi.
2. Interval waktu rekap jumlah panggilan masuk diperkecil, misalnya semula satu jam menjadi 30 menit.
3. *Forecasting* panggilan masuk membutuhkan data yang lebih banyak sehingga pola data secara keseluruhan dapat diketahui.
4. Penurunan tingkat beban kerja operator menjadi 85-90%.

LAMPIRAN

Lampiran penelitian berupa dialog box dalam setiap running model integer linear programming dengan Microsoft excel solver.

Solver Parameters

Set Objective:

To: ☐ Max ☒ Min ☐ Value Of:

By Changing Variable Cells:

Subject to the Constraints:

-
-
-
-
-

☒ Make Unconstrained Variables Non-Negative

Select a Solving Method:

Solving Method

Select the GRG Nonlinear engine for Solver Problems that are smooth nonlinear. Select the LP Simplex engine for linear Solver Problems, and select the Evolutionary engine for Solver problems that are non-smooth.

Buttons: Add, Change, Delete, Reset All, Load/Save, Options, Help, Solve, Close

Solver Parameters

Set Objective:

To: ☐ Max ☒ Min ☐ Value Of:

By Changing Variable Cells:

Subject to the Constraints:

-
-
-
-
-

☒ Make Unconstrained Variables Non-Negative

Select a Solving Method:

Solving Method

Select the GRG Nonlinear engine for Solver Problems that are smooth nonlinear. Select the LP Simplex engine for linear Solver Problems, and select the Evolutionary engine for Solver problems that are non-smooth.

Buttons: Add, Change, Delete, Reset All, Load/Save, Options, Help, Solve, Close

Solver Parameters

Set Objective:

To: ☐ Max ☒ Min ☐ Value Of:

By Changing Variable Cells:

Subject to the Constraints:

\$L\$3:\$L\$26 <= 63
\$L\$3:\$L\$26 >= \$E\$3:\$E\$26
\$M\$11:\$M\$16 >= \$E\$11:\$E\$16
\$M\$11:\$M\$16 <= 63
\$M\$18 <= 63
\$M\$18 >= \$E\$18
\$M\$22:\$M\$24 <= 63
\$M\$22:\$M\$24 >= \$E\$22:\$E\$24
\$M\$3 <= 63
\$M\$3 >= \$E\$3
\$M\$5 <= 63
\$M\$5 >= \$E\$5
\$M\$7 <= 63

☒ Make Unconstrained Variables Non-Negative

Select a Solving Method:

Solving Method
Select the GRG Nonlinear engine for Solver Problems that are smooth nonlinear. Select the LP Simplex engine for linear Solver Problems, and select the Evolutionary engine for Solver problems that are non-smooth.

Solver Parameters

Set Objective:

To: ☐ Max ☒ Min ☐ Value Of:

By Changing Variable Cells:

Subject to the Constraints:

\$L\$3:\$L\$26 <= 63
\$L\$3:\$L\$26 >= \$E\$3:\$E\$26
\$M\$11:\$M\$16 >= \$E\$11:\$E\$16
\$M\$11:\$M\$16 <= 63
\$M\$18 <= 63
\$M\$18 >= \$E\$18
\$M\$22:\$M\$24 <= 63
\$M\$22:\$M\$24 >= \$E\$22:\$E\$24
\$M\$3 <= 63
\$M\$3 >= \$E\$3
\$M\$5 <= 63
\$M\$5 >= \$E\$5
\$M\$7 <= 63

☒ Make Unconstrained Variables Non-Negative

Select a Solving Method:

Solving Method
Select the GRG Nonlinear engine for Solver Problems that are smooth nonlinear. Select the LP Simplex engine for linear Solver Problems, and select the Evolutionary engine for Solver problems that are non-smooth.

Solver Parameters

Set Objective:

To: ☐ Max ☒ Min ☐ Value Of:

By Changing Variable Cells:

Subject to the Constraints:

SLS3:SLS26 <= 63
SLS3:SLS26 >= SES3:SES26
SMS11:SMS16 >= SES11:SES16
SMS11:SMS16 <= 63
SMS18 <= 63
SMS18 >= SES18
SMS22:SMS24 <= 63
SMS22:SMS24 >= SES22:SES24
SMS3 <= 63
SMS3 >= SES3
SMS5 <= 63
SMS5 >= SES5
SMS7 <= 63

☒ Make Unconstrained Variables Non-Negative

Select a Solving Method:

Solving Method
Select the GRG Nonlinear engine for Solver Problems that are smooth nonlinear. Select the LP Simplex engine for linear Solver Problems, and select the Evolutionary engine for Solver problems that are non-smooth.

Solver Parameters

Set Objective:

To: ☐ Max ☒ Min ☐ Value Of:

By Changing Variable Cells:

Subject to the Constraints:

SLS3:SLS26 <= 63
SLS3:SLS26 >= SES3:SES26
SMS11:SMS16 >= SES11:SES16
SMS11:SOS11 <= 63
SMS12:SNS14 <= 63
SMS15:SPS16 <= 63
SMS18 <= 63
SMS18 >= SES18
SMS22:SMS24 <= 63
SMS22:SMS24 >= SES22:SES24
SMS3 <= 63
SMS3 >= SES3
SMS5 <= 63

☒ Make Unconstrained Variables Non-Negative

Select a Solving Method:

Solving Method
Select the GRG Nonlinear engine for Solver Problems that are smooth nonlinear. Select the LP Simplex engine for linear Solver Problems, and select the Evolutionary engine for Solver problems that are non-smooth.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiyadi, T., 2011. *Pentingnya CRM (Customer Relationship Management) Untuk Meningkatkan Loyalitas Pelanggan*. [Online]
Available at: <http://ryu-fkm10.web.unair.ac.id>
[Accessed 24 Juni 2015].
- Anon., 2004. *Interactive Voice Response (IVR)*. [Online]
Available at: <http://www.redoxtechnologies.com>
[Accessed 24 Juni 2015].
- Anon., 2013. *Private Branch Exchange (PABX)*. [Online]
Available at: trends.com.vn
[Accessed 15 Mei 2015].
- Anon., 2014. *PT PLN (Persero)*. [Online]
Available at: <http://www.pln.co.id>
- Anon., 2015. *Phone Systems And PSTN*. [Online]
Available at: <http://www.call-center-tech.com>
[Accessed 15 Mei 2015].
- Bergh, K. V. D., 2006. *Predicting Call Arrivals in Call Centers*. Amsterdam: Vrije Universiteit.
- Daellenbach, H. G. & McNickle, D. C., 2005. *Management science : Decision making through systems*. Christchurch: Palgrave Macmillan.
- Dimiyati, A. & Tarlih D., T., 2006. *Operations Research : Model-model Pengambilan Keputusan*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Ger, K. & Mandelbaum, A., 2001. *Queueing Models of Call Centers*, Amsterdam: Vrije Universiteit.
- Hartanto, D. & Puspitasari, I., 2014. *Scheduling Call Center Operators of Telecommunication Company using Integer Linear Programming*. s.l.:UTM Press.
- Hillier, F. S. & Lieberman, G. J., 2001. *Introduction to Operations Research*. New York: McGraw-Hill Higher Education.

- Koole, G., 2007. *Call Center Mathematics*. Amsterdam: Department of Mathematics, Vrije Universiteit Amsterdam, and CCmath consulting and software.
- Koole, G., 2013. *Call Center Optimization*. Amsterdam: MG Books.
- Reynolds, P., 2013. *Call Center Metrics: Best Practices in Performance Measurement and*. North America: Quitline Consortium.
- Walters, D., 2003. *Inventory Control and Management*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Winston, W., 2003. *Operations Research Applications and Algorithms*. United States: Cengage Learning.

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Medya Sari Rachma Atika, lahir di kota Surabaya pada tanggal 28 Maret 1993. Orang tua Penulis bernama Sumedy dan Rini. Ayah Penulis bekerja sebagai guru matematika di SMPN 34 Surabaya, sedangkan ibu Penulis tidak bekerja. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara.

Penulis menempuh pendidikan TK di TK Khadijah Surabaya, selanjutnya pendidikan SD ditempuh penulis di SD Khadijah Surabaya. Tingkat SMP, penulis menempuh pendidikan di SMPN 32 Surabaya, kemudian penulis melanjutkan pendidikan SMA di SMAN 5 Surabaya. Selepas SMA, penulis melanjutkan pendidikan ke tingkat perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan jurusan Teknik Industri.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kepanitiaan, antara lain Pelatihan Mahagana, Gerigi, IE Fair dan lainnya. Selain pengalaman kepanitiaan, penulis juga memiliki pengalaman kerja praktek di Pabrik Gula Lestari Kertososno.

Penulis dapat dihubungi via email : medya.sari@yahoo.com